

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 13**  
**№2(48)**  
**2020**

**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) 285-39-70,  
285-39-71, 294-31-41 (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 15.06.2020.

Формат 60×84/8. Бумага офсетная.

Гарнитура NewtonC. Печать офсетная.

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

Тираж 100 экз. Заказ 214.

ЛП № 02330/89 от 3 марта 2014 г.

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

**Учредитель**

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

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

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

**Подписные индексы:**

для индивидуальных подписчиков 01241

для ведомственных подписчиков 012412



# FOOD INDUSTRY: SCIENCE AND TECHNOLOGIES

Vol. 13, №2(48) 2020

## Founder:

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

## Editor-in-Chief:

**Lovkis Zenon Valentinovich** – General Director of the Republican Unitary Enterprise “Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus”, Honored Science Worker of the Republic of Belarus, corresponding member of the National Academy of Sciences of Belarus, Doctor of Engineering sciences, Professor

## Editorial Board:

**Shepshelev Aleksandr Anatolievich** – Associate Editor-in-Chief – deputy General Director for science of the Republican Unitary Enterprise “Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus”, PhD in Engineering sciences

**Akulich Aleksandr Vasilievich** – Deputy Principal for science work of the educational institution “Mogilev State Foodstuffs University”, Doctor of Engineering sciences, Professor, Honored Inventor of the Republic of Belarus (with consent).

**Zhakova Kristina Ivanovna** – Academic Secretary of the Republican Unitary Enterprise “Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus”, PhD in Engineering sciences

**Kolosovskaya Larisa Stanislavovna** – Director of the scientific and production republican affiliated unitary enterprise “Beltechnohleb” (with consent)

**Lisitsyn Andrei Borisovich** – Member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Engineering sciences, Professor, Director of the Federal State Budgetary Scientific Establishment “V.M. Gorbatov Federal Scientific Food Systems Centre” of the Russian Academy of Sciences (with consent)

**Meleshchenya Aleksey Victorovich** – Director of the Republican Unitary Enterprise “Institute for Meat and Dairy Industry”, PhD in Economy sciences, Associate Professor (with consent)

**Margunova Alena Mikhailovna** – Deputy General Director for Foodstuffs Standardisation and Quality of the Republican Unitary Enterprise “Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus”, PhD in Engineering sciences, Associate Professor

**Petyushev Nikolay Nikolaevich** – head of the Department of the technology of tuberous root products of the Republican Unitary Enterprise “Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus”, PhD in Engineering sciences

**Pochitskaya Irina Mikhailovna** – Head of the Republican control and testing complex for foodstuffs quality and safety of the Republican Unitary Enterprise “Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus”, PhD in Agricultural sciences

**Roslyakov Yuriy Fedorovich** – Head of the Department of technology of bread baking, macaroni, and confectionery production of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Kuban State Technological University”, Doctor of Engineering sciences, Professor (with consent)

**Savenkova Tatsiana Valentinovna** – Director of Federal State Budgetary Scientific Institution “All-Russian research institution of confectionery industry” – subdivision of FSBSI “Gorbatov Federal Science Centre for Food Systems” of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Engineering Sciences, Professor (with consent)

**Trotskaya Taisiya Pavlovna** – Chief researcher of the Nutrition Department of the the Republican Unitary Enterprise “Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus”, Doctor of Engineering sciences, Professor

**Sharshunov Vyacheslav Alekseevich** – Professor of the Department of machines and devices of food industry of the Educational Institution “Mogilev State Foodstuffs University”, Honored Science Worker of the Republic of Belarus, corresponding member of the National Academy of Sciences of Belarus, Doctor of Engineering sciences, Professor (with consent)

**Mironova Natalya Pavlovna** – responsible editor, head of the Postgraduate Studies Department of the Republican Unitary Enterprise “Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus”, PhD in Philological sciences

**Yushkevich Marina Nikolaevna** – layout editor, leading engineer of the Department of the information and staff management of the Republican Unitary Enterprise “Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus”

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. 13**  
**№2(48)**  
**2020**

**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:** +375-17-285-39-70,  
+375-17-285-39-71, +375-17-294-31-41  
(editor)  
**E-mail** aspirant@belproduct.com

Printed at UE "IVC Minfina"

It is sent of the press 15.06.2020

Format 60x84/8. Offset paper.

NewtonC type. Offset printing.

Printed pages 1,16.

Publisher's signatures 12,80.

Circulation 100 copies. Order 214.

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)

**Subscription indexes**  
For individuals 01241  
For legal entities 012412

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

## СОДЕРЖАНИЕ

|                                                                                                                                                                                                                      |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Моргунова Е.М.</b> Научно-методологические подходы создания концепции персонифицированного питания .....                                                                                                          | 6  |
| <b>Мойсеёнок А.Г., Максимчик Ю.З., Хвесько И.С.</b> Рекомендации по достижению оптимальной обеспеченности витамином D различных групп населения .....                                                                | 14 |
| <b>Петухов М.М., Василенко З.В., Коляда Е.В., Пашук С.В.</b> Установление сроков годности сдобных булочных изделий из дрожжевого теста .....                                                                         | 21 |
| <b>Никулина О.К., Яковлева М.Р., Колоскова О.В., Дымар О.В.</b> Коррекция минерального состава полупродуктов сахарного производства с использованием электродиализа .....                                            | 27 |
| <b>Бубырь И.В., Ловкис З.В.</b> Использование растительного сырья при разработке поликомпонентной варено-копченой продукции из морской рыбы .....                                                                    | 36 |
| <b>Никитенко А.Н., Ламоткин С.А., Мазур А.М., Сербин И.С., Война Ю.С.</b> Оценка окислительной устойчивости БАД на основе купажей растительных масел .....                                                           | 47 |
| <b>Груданов В.Я., Бренч А.А., Ткачева Л.Т., Мазур А.М.</b> Тонкое измельчение мясного сырья на эмульсаторах с новым режущим механизмом .....                                                                         | 58 |
| <b>Василькевич А.И., Дымар О.В.</b> Аспекты выделения и использования фосфолипидов пахты .....                                                                                                                       | 69 |
| <b>Гнедов А.А.</b> Анализ показателей качества мяса тайменя ( <i>Hucho taimen</i> (Pallas)) низовий бассейна Енисея .....                                                                                            | 78 |
| <b>Гордынец С.А., Чернявская Л.А., Напреенко В.М.</b> Изучение биологической ценности льняной муки, как перспективного ингредиента в составе мясных продуктов для профилактики сердечно-сосудистых заболеваний ..... | 86 |
| <b>Лилишенцева А.Н., Соловьёва А.О.</b> Сравнительный сенсорный анализ майонезов с использованием критерия Фридмана .....                                                                                            | 97 |

## CONTENTS

|                                                                                                                                                                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Morgunova E.M.</b> Scientific-methodological approaches to the concept of personalized power .....                                                                                                              | 6  |
| <b>Moiseenok A.G., Maksimchyk Yu.Z., Khviasko I.S.</b> Guidelines to achieve optimal vitamin D requirements in the different groups of the population.....                                                         | 14 |
| <b>Petukhou M.M., Vasilenko Z.V., Koliada E.V., Pashuk S.V.</b> The determination shelf life pastry bakery products from the yeast dough.....                                                                      | 21 |
| <b>Nikulina O.K., Yakovleva M.R., Koloskova O.V., Dymar O.V.</b> Correction of the mineral composition of semi-products of sugar production applying electrodialysis.....                                          | 27 |
| <b>Bubyr I.V., Lovkis Z.V.</b> Use of plant materials in the development of policomponent smoked products from of sea fish .....                                                                                   | 36 |
| <b>Nikitenko A.N., Lamotkin S.A., Mazyr A.M., Serbin I.S., Voina Y.S.</b> Evaluation of the oxidative stability of biologically active food supplements on the basis of blends of vegetable oils .....             | 47 |
| <b>Grudanov V.Ya., Brench A.A., Tkacheva L.T., Mazur A. M.</b> Fine grinding of raw meat by using emulsitators with the new cutting mechanism.....                                                                 | 58 |
| <b>Vasilkevich A.I., Dymar O.V.</b> Aspects of buttermilk phospholipids separation and utilization .....                                                                                                           | 69 |
| <b>Gnedov A.A.</b> Analysis of quality indicators of taimen meat ( <i>Hucho taimen</i> (Pallas)) in the lower Yenisei basin.....                                                                                   | 78 |
| <b>Gordynets S.A., Charniauskaya L.A., Napreenko V.M.</b> Studying the biological value of flax flour as a promising ingredient in the composition of meat products for prevention of cardiovascular diseases..... | 86 |
| <b>Lilishentseva A.N., Salauyova A.O.</b> comparative touch analysis of mayonesis using Friedman's criteria....                                                                                                    | 97 |

УДК 001: [613.292:577.1]

Поступила в редакцию 01.04.2020  
Received 01.04.2020

**Е.М. Моргунова**

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

## **НАУЧНО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К СОЗДАНИЮ КОНЦЕПЦИИ ПЕРСНИФИЦИРОВАННОГО ПИТАНИЯ**

**Аннотация.** В обзоре приведены основные принципы создания концепции персонифицированного питания и соответственно специализированной и обогащенной пищевой продукции нового поколения на основе современных знаний в геномике, метагеномике, протеомике, метаболомике, клеточной биологии. Для успешной реализации этого направления необходима разработка концептуальных подходов создания, продвижения и оценки конкурентного потенциала умного функционального продовольствия.

**Ключевые слова:** персонифицированное питание, геном, эпигенетические модификации, метелирование ДНК, гистоновые модификации, экспрессия генов, транскрипционные факторы

**E.M. Morgunova**

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

## **SCIENTIFIC-METHODOLOGICAL APPROACHES TO THE CONCEPT OF PERSONALIZED POWER**

**Abstract.** The review outlines the basic principles of the concept of personalized nutrition and, accordingly, specialized and enriched food products of the new generation based on modern knowledge in genomics, proteomic, nutrimental. To succeed, this area requires the development of conceptual approaches to the creation, promotion and evaluation of the competitive potential of smart functional food.

**Key words:** personalized food, genome, epigenetic modifications, DNA testing, histon modifications, gene expression, transcription factors

Сегодня население Республики Беларусь как и других развитых стран столкнулось с последствиями нерационального питания — прогрессирующим ростом сердечно-сосудистых, нейродегенеративных и раковых заболеваний, ожирения и диабета II типа [1] (рис. 1). Более того, обнаружено, что продолжительность жизни и развитие «убийственной тройки» — сердечно-сосудистых, нейродегенеративных и раковых заболеваний — зависит от рациона человека [2].

В Республике Беларусь в структуре причин смертности населения заболевания системы кровообращения занимают 53,2 %, новообразования — 14,1 %. Доля лиц с избыточной массой тела среди подростков составляет 2,5–21 %, среди взрослого населения — 19–61 %. Ожирение регистрируется у 2,8–6,7 % подростков в возрасте 13–15 лет и у 2–15 % взрослого населения республики. Различные формы сахарного диабета зарегистрированы у 2 % белорусов, при этом реальное число лиц с указанным заболеванием может составлять 4–6 %. В Республике Беларусь неинфекционные заболевания являются причиной 89% всех смертей, что превышает глобальный показатель смертности в мире (71 %). Вероятность преждевременной смерти (в возрасте моложе 70 лет) от основных групп (сердечно-сосудистые, диабет, рак) составляет для белоруса приблизительно 1 из 4 (28,6 %), с вероятностью для мужчин более, чем в два раза выше (38 %), чем для женщин (15 %). Согласно данным научного прогнозирования, заболеваемость органов пищеварения, в ближайшие 15–20 лет возрастет в мире на 30–50 %. Регулярные массовые обследования всех групп населения (детей, студентов, беременных женщин, работников различных профессий) в разных регионах страны однозначно свидетельствуют о крайне недостаточном потреблении витаминов и ряда минеральных веществ. Согласно этим исследованиям 70–90 % населения имеют дефицит витамина С; 40–80 % - витаминов



группы В и фолиевой кислоты; 40–60 % витамина А,  $\beta$ -каротина и других каротиноидов; 20–30 % — витамина В12; 20–30 % — витамина Е. Дефицит витаминов во многих регионах и группах населения часто сочетается с недостаточным поступлением ряда макро- и микроэлементов — 20–55 % имеет дефицит железа, кальция, фтора, селена, йода и др. [3]. Кроме того, 60 % населения постоянно проживают в условиях вредного действия загрязненной окружающей среды [3], что способствует накоплению в организме токсических веществ.

Для эффективного лечения и профилактики вышеупомянутых заболеваний необходимо глубоко изучить механизмы воздействия пищи на организм на клеточном и молекулярном уровнях. Международные геномные проекты предоставили для анализа множество генетической информации; дав толчок развитию молекулярных методов для исследования «внутренней жизни» клетки, что привело к рождению новой науки — нутригеномики [4, 5]. Полное картирование последовательности генома человека в 2000 году дало толчок к развитию индивидуализированной медицины, включая персонализированное питание. Персонализация питания зависит от двусторонней взаимосвязи между питательными веществами и генами. С одной стороны, питательные вещества, которые мы потребляем, могут влиять на то, как функционируют наши гены; с другой стороны, наши гены способны влиять на то, как наш организм реагирует на эти питательные вещества. Нутригеномика исследует влияние различных компонентов пищи и биологически активных добавок на экспрессию генов [6–8]. Ожидается, что определение биохимических путей взаимодействия пищи и генов позволит эффективно лечить неинфекционные заболевания (например, диабет, рак, патологии сердечно-сосудистой системы), а также предотвращать их развитие благодаря выявлению ранних маркеров нарушений в метаболизме и составлению индивидуального плана питания [6]. Избыточный вес и «западный» тип питания (обилие жареной пищи, красного мяса, сладких газированных напитков, жирных молочных продуктов) вносят вклад в развитие сердечно-сосудистых и онкологических заболеваний, сахарного диабета II типа (рис. 1).

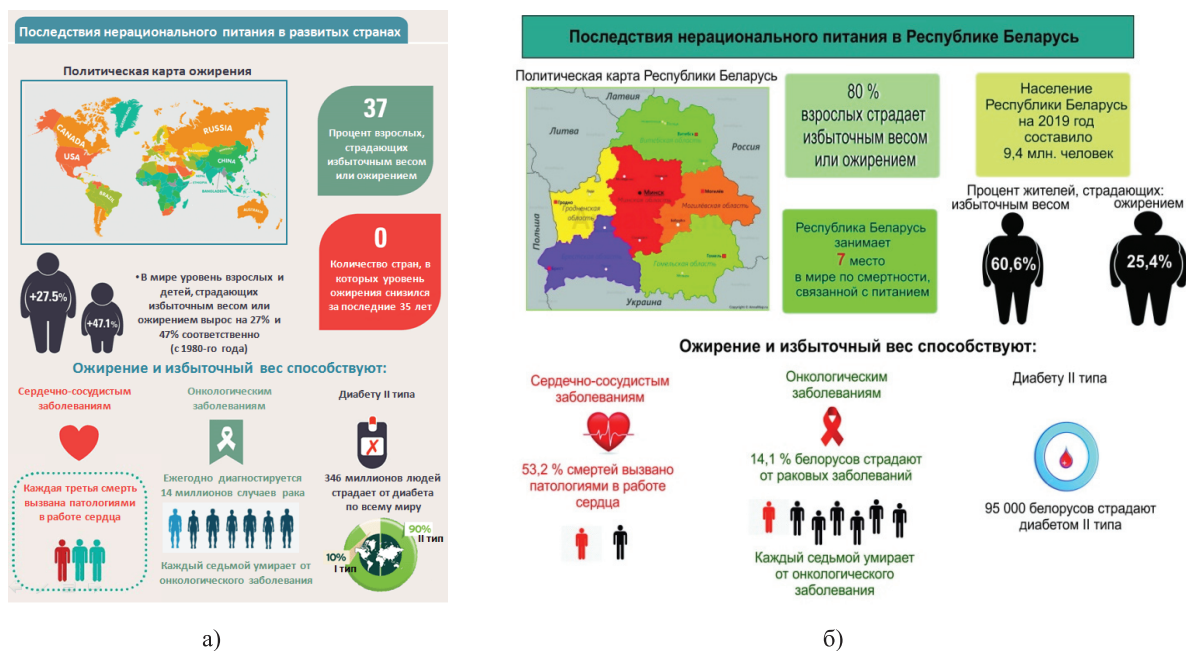


Рис. 1. Последствия несбалансированного питания в развитых странах: распространение ожирения и сахарного диабета II типа

- а) ситуация в развитых странах [1];  
б) ситуация в Республике Беларусь [3]

Fig. 1. Consequences of an unbalanced diet in developed countries: the spread of obesity and type II diabetes

- а) the situation in developed countries [1];  
б) the situation in the Republic of Belarus [3]

Экспрессия генов — это процесс, в ходе которого наследственная информация от гена преобразуется в функциональный продукт — РНК или белок. Экспрессия генов регулируется на разных стадиях, но главный «контрольный пункт» — это начало транскрипции (синтеза РНК на матрице ДНК). Инициация транскрипции зависит как от наличия необходимых белков (транскрипционные фак-

торы, ферменты и пр.), так и от доступности (сродства) ДНК для этих белков (т.е. от эпигенетических модификаций). Компоненты пищи способны влиять на оба процесса [4, 8].

Все клетки нашего организма — от нейронов до лейкоцитов — несут одинаковый генетический материал. Но в каждой клетке экспрессируется специфический набор генов — это определяет специализацию клеток. Включение/выключение генов регулируется эпигенетическими модификациями (такие модификации не затрагивают последовательность ДНК). В клетке ДНК компактизирована, т.е. намотана на комплекс белков-гистонов, различные химические модификации которых включают или выключают ген. Помимо этого, выключение генов происходит при модификации непосредственно молекулы ДНК (метилирование).

Рядом авторов [6–11] установлено, что некоторые компоненты пищи по-разному влияют на процессы включения/выключения генов (рис. 2). Так, например, сульфарафан, содержащийся в капусте, брокколи, цветной капусте, и диаллилдисульфид из чеснока — включают гены, подавляя ферменты, которые репрессируют ген посредством снятия ацетильной метки с гистонов. Поэтому сульфарафан способен включать молчащие в раковых клетках гены, что подавляет рост опухоли. Масляная кислота, которая образуется микрофлорой человека при употреблении клетчатки, оказывает аналогичное влияние на работу генов, а также активирует иммунную систему, что подавляет рост раковых клеток. Ингибирующее действие масляной кислоты на метастазирование было показано у крыс на модели рака прямой кишки [6].

Источники метильных групп (холин, метионин, фолиевая кислота) содержатся в яйцах, шпинате, бобовых и печени. У взрослых крыс хронический дефицит метильных групп влечет за собой спонтанное образование опухолей [7], а также ведет к активации мобильных элементов генома [8]. Широко известен эксперимент, проведенный Джиртлом и Уотерлэндом, с трансгенными грызунами агути (*Avy agouti*), которые имеют желтую окраску и предрасположенность к ожирению, диабету и раку. При добавлении в корм беременным самкам агути холина, метионина и фолиевой кислоты у них рождалось нормальное потомство с коричневой окраской шерсти и без отклонений в здоровье [9]. Дело в том, что присутствие источников метильных групп в пище матери способствовало метилированию и, соответственно, выключению гена *agouti*, вызывавшего болезненный фенотип у эмбрионов.

Для нормального развития плода и протекания беременности у женщин необходимы источники метильных групп, в частности, фолиевая кислота. При ее дефиците повышается риск преждевременных родов, выкидышей, а также возможны патологии в нервной системе плода и низкий вес новорожденного [10]. Точные механизмы действия фолиевой кислоты до сих пор не ясны, известно лишь, что усиливается метилирование гена *IGF2* -инсулиноподобного фактора роста 2, участвующего в росте и развитии плода [11].

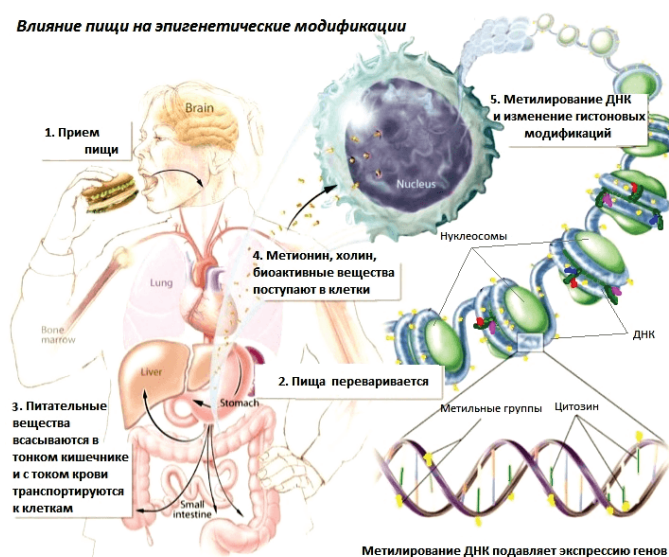


Рис. 2. Механизм влияния пищи на эпигенетические модификации  
Fig. 2. The mechanism of the influence of food on epigenetic modifications

Второй механизм, посредством которого пища изменяет экспрессию генов, иллюстрирует следующая схема: «компонент пищи → рецептор → сигнальный путь → транскрипционный фактор →



включение генов» [4, 12] (рис. 3). Рецепторы распознают строго определенную структуру веществ, поэтому схожие по строению компоненты пищи различно воздействуют на организм (например, насыщенные и ненасыщенные жиры). В данной схеме возможны небольшие вариации, например, ядерные рецепторы совмещают в себе функции рецептора и транскрипционного фактора: они распознают различные гидрофобные компоненты еды или их производные (жирные кислоты, витамин D, ретиноевую кислоту, желчные соли и пр.), а затем изменяют активность регулируемых ими генов [8, 13 – 15].

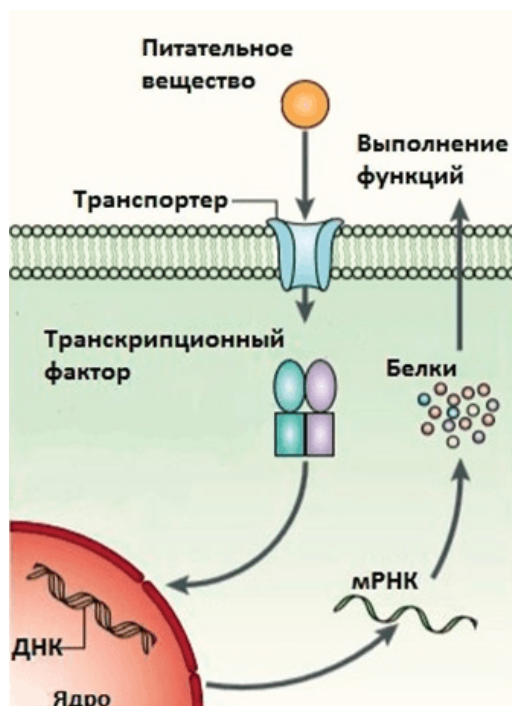


Рис. 3. Механизм действия нутриентов на экспрессию генов через транскрипционные факторы [12]

Fig. 3. The mechanism of action of nutrients on gene expression through transcription factors [12]

Как известно, пища состоит в основном из белков, углеводов и жиров. Компоненты пищи расщепляются в процессе пищеварения до более простых веществ (аминокислоты, моносахара, жирные кислоты), которые далее транспортируются в клетки и связываются с рецепторами. Сигнал от рецептора распространяется по клетке, доходит до ядра и экспрессия генов изменяется. Длительные изменения в экспрессии генов, в конечном счете, сказываются на здоровье и продолжительности жизни.

Известно, что одинаковые факторы (диета и степень физической активности) могут сказаться на метаболизме людей по-разному. Соответственно, при проведении нутригеномных исследований надо обязательно учитывать индивидуальные генетические особенности человека, потому что вариации в генах отражаются на усвоении и метаболизме пищи и, соответственно, выявляет генетические предрасположенности к заболеваниям. Генетические заболевания подразделяют на моногенные (определяются вариацией в одном гене) и полигенные (определяются комбинацией генов + факторами внешней среды) [16].

К моногенным заболеваниям относят, например, фенилкетонурию, глютеновую болезнь, непереносимость лактозы. Причина таких заболеваний ясна, поэтому внешние проявления предотвратить просто: необходимо исключить из рациона неусваиваемый компонент пищи. Для профилактики полигенных заболеваний — ожирения, диабета II типа, рака, нарушений сердечно-сосудистой системы — необходимо контролировать не только рацион, но и следить за степенью физической активности, уровнем стресса и пр. Тем не менее, накапливающиеся знания из нутригенетики и нутригеномики позволяют индивидуально (в зависимости от генотипа) выявить группы риска и определить, каких продуктов данному человеку стоит избегать, а какими, наоборот, дополнить свое ежедневное меню, чтобы минимизировать риски заболеваний.

Развитие сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ) носит комплексный характер, поэтому ученые еще далеки от установления всех факторов рисков и способов их устранения. Однако в генах липидного обмена выявлены вариации, у обладателей которых быстрее развивается ССЗ от высококало-

рийного питания [17]. Также показано, что у людей с медленным метаболизмом кофеина повышается риск сердечных атак при его употреблении [16]. При этом доказан основной риск развития ССЗ — наличие метаболического синдрома, который характеризуется «смертельной четверкой»: повышением артериального давления, уровня сахара и липидов в крови, ожирением. Поэтому главная задача в этой области — установление молекулярных механизмов общего патологического процесса, который приводит к таким разным метаболическим нарушениям.

Особенности транспорта и метаболизма питательных веществ вносят вклад в развитие (или предотвращение) раковых заболеваний. Например, распространена мутация, снижающая эффективность фермента, необходимого для метилирования ДНК. При недостатке в пище источников метильных групп (фолатов и холина), носители такой мутации имеют повышенную вероятность заболеть колоректальным раком. Для таких людей употребление алкоголя — это дополнительный усугубляющий фактор, так как алкоголь снижает абсорбцию фолатов и увеличивает его выведение из организма. Употребление красного мяса значительно увеличивает риск развития колоректального рака [16]. Обнаружено также, что вероятность онкологических заболеваний возрастает при мутации в гене одного из типов глутатионтрансфераз (ферментов, участвующих в детоксикации), и постоянное поступление в организм токсинов (при курении и др.) опасно для людей с подобной мутацией. А использование капусты и прочих крестоцветных в ежедневном меню, наоборот, будет крайне полезно, так как они содержат вещества, увеличивающие активность глутатионтрансфераз [16].

Определенный вариант гена FTO (*fat mass- and obesity-associated gene*) ассоциирован у людей с ожирением и диабетом. Во время проведения исследований выяснилось, что при неограниченном доступе к еде дети с таким вариантом FTO склонны потреблять более калорийную пищу. Эффект подобного генетического варианта легко модулируется физической активностью и сбалансированным питанием.

Несмотря на возможную генетическую предрасположенность к ожирению, диабету, сердечно-сосудистым заболеваниям и раку, показано, что факторы окружающей среды играют существенную роль при развитии вышеперечисленных патологий [8]. Поэтому Всемирной организацией здравоохранения были составлены базовые рекомендации для поддержания здоровья: употребление разнообразных фруктов и овощей в течение дня, снижение потребления насыщенных и трансжиров, копченостей, соленой пищи; умеренное употребление алкоголя; активный образ жизни; поддержание нормального веса. Различные исследования подтвердили обратную зависимость между употреблением овощей и фруктов и частотой онкологических заболеваний [18, 19]. Кроме того, накапливающиеся данные о благотворном влиянии на здоровье и долголетие рациона с низким содержанием животных белков уже сегодня заставляют диетологов выстраивать новую систему сбалансированного питания. Однако для полноценного представления о механизмах влияния составляющих пищи (а также их комбинаций) на организм, и возможных разбросах такого влияния среди человеческой популяции предстоит еще сделать много работы. Существует ряд проблем, которые необходимо решить для получения достоверной информации и внедрения нутригеномики/нутригенетики и персонализированного питания в повседневную жизнь.

Отдельно взятый прием пищи оказывает слабое влияние на организм, поэтому при проведении нутригеномных исследований очень важна длительность употребления нутриентов, что усложняет проведение экспериментов.

Для анализа изменений в экспрессии генов и метаболизма клетки используются следующие методы: эпигенетический анализ и анализ клеточных мРНК (транскриптома), белков (протеома), метаболитов (метаболома) (рис. 4).

К сожалению, на сегодняшний день методы получения протеома и метаболома дороги и развиты недостаточно, а количество мРНК не всегда пропорционально количеству белка в клетке и не дает полной информации об активности белка. Кроме того, для этих исследований требуется достаточно большое количество биологического материала, поэтому анализируется, в основном, кровь, в частности, белые кровяные клетки (жировая и мышечная ткани — на втором месте), но до сих пор неизвестно, насколько точно они отражают ранние нарушения в метаболизме [20, 21].

Прогнозируется, что вклад нутригеномики и нутригенетики в следующем десятилетии будет очень значительным. Установление молекулярных механизмов взаимодействия «пища — гены» и выявление ранних маркеров нарушений в метаболизме позволит проводить эффективное превентивное лечение, учитывая состав пищи и ее влияние на организм на клеточном и молекулярном уровнях на основе нутригеномных исследований.

Персонализация питания и составление индивидуальных планов питания на основе национальных особенностей, индивидуального метаболизма и генетически детерминированных факторов влияния — основная задача снижения риска развития неинфекционных заболеваний. Продукты питания должны проверяться не только на безопасность, но и на эффективность их действия на организм. Кроме того, остается нерешенным основной вопрос: «как лучше всего использовать нынешнее по-

нимание взаимодействия генов и продуктов питания на физическое состояние организма для разработки умных функциональных продуктов питания, адаптированных для каждого человека?»

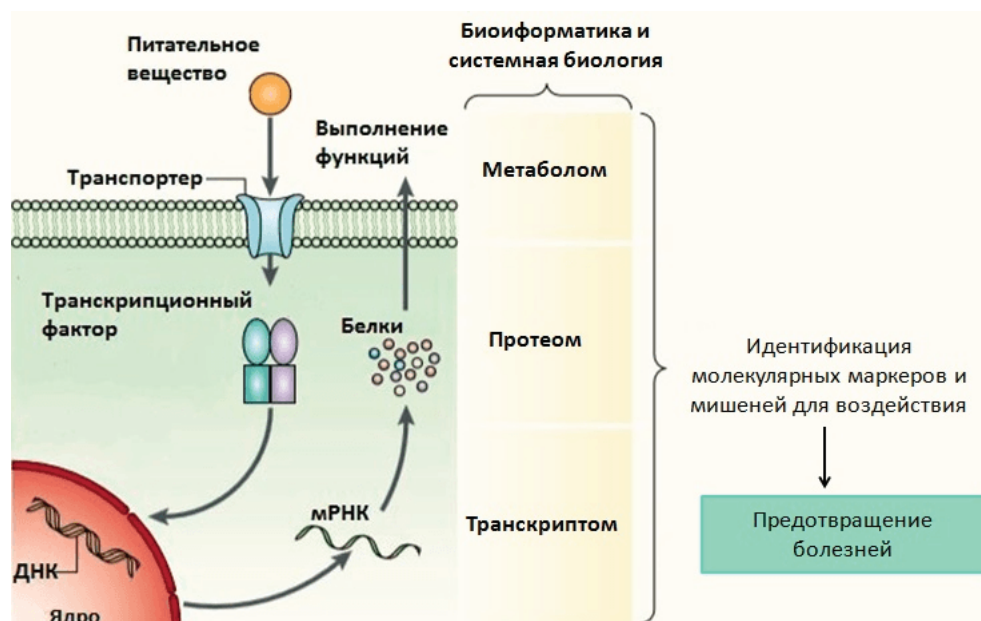


Рис. 4. Нутригеномные методы исследований [21]

Fig. 4. Nutrigenomic research methods [21]

Чтобы решить эти проблемы, необходимо получение новых знаний о персонализированном питании и применении индивидуальных рекомендаций по питанию с учетом этнических, генетических, эпигенетических, фенотипических особенностей человека.

Таким образом, сегодня перед отечественной наукой стоят задачи проведения научных исследований по разработке (конструированию) технологий оздоровительного, профилактического и индивидуального питания с обязательной оценкой функциональности пищевых продуктов. Широкое распространение в настоящее время получила разработка пищевых продуктов с заданными потребительскими свойствами на основе принципов пищевой комбинаторики. Анализ создания пищевых продуктов показывает, что для функциональных пищевых продуктов (ФПП) можно выделить базовые компоненты, обладающие определенным функционалом, что позволит их использовать при конструировании технологии готового продукта с заданными характеристиками качества. Универсальная базовая матрица состава продукта позволит расширить ассортимент ФПП, обеспечить вариативность качественных характеристик продукта и исключить вариации нарушения качества готового продукта.

С развитием современных теоретических представлений и методологической базы проектирования многокомпонентных продуктов сформулирована концепция, в основу которой положен принцип аналитической комбинаторики. Его сущность состоит в алгоритме (совокупности операций), направленном на физико-химические, коллоидные, технологические и иные изменения состава и структуры продукта с целью получения заданных показателей. Настоящая методология позволяет исключить эмпирический подход при поиске сырьевой базы и определения различных аспектов целесообразности комбинирования путем расчета критериев участия отдельных компонентов рецептуры в формировании качества новых продуктов. Конструирование функциональных продуктов с заданными характеристиками (состав, структурные формы, сенсорные показатели) – это научно-технологический процесс создания новых форм пищевых продуктов, в основе которого лежат три научных принципа. Элиминация – исключение из состава продукта какого-либо компонента либо продуктов, предназначенных для людей с определенной непереносимостью; обогащение – насыщение продукта отдельными пищевыми компонентами; замена, при которой вместо одного изъятых компонента вводится другой аналогичный, обладающий полезными и необходимыми свойствами.

Таким образом, учитывая необходимость в создании специализированной и обогащенной пищевой продукции нового поколения на основе современных знаний в геномике, протеомике, нутри-метаболизме и других науках, для успешной реализации этого направления необходима разработ-

ка концептуальных подходов создания, продвижения и оценки конкурентного потенциала умного функционального продовольствия.

### Список использованных источников

1. Neeha, V.S. Nutrigenomics research: a review / V.S Neeha, P. Kintth // J. of Food Science a. Technology. — 2013. — Vol. 50, № 3. — P. 415–428.
2. Willett, W.C. Balancing life-style and genomics research for disease prevention / W.C. Willett // Science. — 2002. — Vol. 296. — P. 695–698.
3. Распространенность факторов риска неинфекционных заболеваний в Республике Беларусь STEPS 2016 [Электронный ресурс]. — 2017. — Режим доступа: [http://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0020/348014/STEPS-Report-for-site-RU-webpage-29082017.pdf?ua=1](http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0020/348014/STEPS-Report-for-site-RU-webpage-29082017.pdf?ua=1). — Дата доступа: 22.03.2020.
4. Müller, M. Opinion: Nutrigenomics: goals and strategies / M. Müller, S. Kersten // Nature Rev. Genetics. — 2003. — Vol. 4, № 4. — P. 315–322.
5. Nutrigenetics and nutrigenomics: Viewpoints on the current status and applications in nutrition research and practice / M. Fenech [et al.] // J. Nutrigenet Nutrigenomics. — 2011. — Vol. 4, № 2. — P. 69–89.
6. Myzak, M. Histone deacetylases as targets for dietary cancer preventive agents: Lessons learned with butyrate, diallyldisulfide, and sulforaphane / M. Myzak, R.H. Dashwood // Current Drug Targets. — 2006. — Vol. 7, № 4. — P. 443–452.
7. Poirier, L.A. The role of methionine in carcinogenesis *in vivo* / L.A. Poirier // Advances in Experimental Medicine a. Biology. — 1986. — Vol. 206. — P. 269–282.
8. Fenech, M. The genome health clinic and genome health nutrigenomics concepts: diagnosis and nutritional treatment of genome and epigenome damage on an individual basis / M. Fenech // Mutagenesis. — 2005. — Vol. 20, № 4. — P. 255–269.
9. Waterland, R.A. Transposable elements: Targets for early nutritional effects on epigenetic gene regulation / R.A. Waterland, R.L. Jirtle // Molecular a. Cellular Biology. — 2003. — Vol. 23, № 15. — P. 5293–5300.
10. Scholl, T.O. Folic acid: influence on the outcome of pregnancy / T.O. Scholl, W.G. Johnson // Amer. J. of Clinical Nutrition. — 2000. — Vol. 71, suppl. 5. — P. 1295–1303.
11. Periconceptional maternal folic acid use of 400 µg per day is related to increased methylation of the IGF2 gene in the very young child / R.P. Steegers-Theunissen [et al.] // PloS ONE. — 2009. — Vol. 4, iss. 11. — P. 1–5.
12. Efeyan, A. Nutrient-sensing mechanisms and pathways / A. Efeyan, W. C. Comb, D.M. Sabatini // Nature. — 2015. — Vol. 517, iss. 7534. — P. 302–310.
13. Nutrigenetics and nutrigenomics: viewpoints on the current status and applications in nutrition research and practice / M. Fenech [et al.] // J. of Nutrigenetics a. Nutrigenomics. — 2011. — Vol. 4, № 2. — P. 69–89.
14. The nuclear receptor superfamily: the second decade / D.J. Mangelsdorf [et al.] // Cell. — 1995. — Vol. 83, № 6. — P. 835–839.
15. Nuclear receptors and the control of metabolism / G.A. Francis [et al.] // Annu. Rev. of Physiology. — 2003. — Vol. 65. — P. 261–311.
16. Cornelis, M.C. Coffee, caffeine, and coronary heart disease / M.C. Cornelis, A. El-Sohemy // Current Opinion in Lipidology. — 2007. — Vol. 18, № 1. — P. 13–19.
17. Nuno, N.B. Nutrigenetic associations with cardiovascular disease / N.B. Nuno, R. Heuberger // Rev. in Cardiovascular. — 2014. — Vol. 15, № 3. — P. 217–225.
18. Vegetable and fruit consumption and lung cancer risk in the Netherlands cohort study on diet and cancer / L.E. Voorrips [et al.] // Cancer Causes Control. — 2000. — Vol. 11, № 2. — P. 101–115.
19. Riboli, E. Epidemiologic evidence of the protective effect of fruit and vegetables on cancer risk / E. Riboli, T. Norat // Amer. J. of Clinical Nutrition. — 2003. — Vol. 78, suppl. 3. — P. 559–569.
20. Afman, L. Nutrigenomics: from molecular nutrition to prevention of disease / L. Afman, M. Müller // J. of the Amer. Dietetic Assoc. — 2006. — Vol. 106, iss. 4. — P. 569–576.
21. Ordovas, J.M. Nutritional genomics / J.M. Ordovas, D. Corella // Annu. Rev. of Genomics a. Human Genetics. — 2004. — Vol. 5, iss. 1. — P. 71–118.

### References

1. Neeha V.S., Kintth P. Nutrigenomics research: a review. J. of Food Science a. Technology, 2013, vol. 50, no 3, pp. 415–428.
2. Willett W.C. Balancing life-style and genomics research for disease prevention. Science, 2002, vol. 296, pp. 695–698.



3. Prevalence of risk factors for noncommunicable diseases in the Republic of Belarus STEPS 2016 [Electronic resource]. – 2017. – Mode of access: [http://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0020/348014/STEPS-Report-for-site-RU-webpage-29082017.pdf?ua=1](http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0020/348014/STEPS-Report-for-site-RU-webpage-29082017.pdf?ua=1). – Date of access: 22.03.2020.
4. Müller M., Kersten S. Opinion: Nutrigenomics: goals and strategies. *Nature Rev. Genetics*, 2003, vol. 4, no 4, pp. 315–322.
5. Fenech M. Nutrigenetics and nutrigenomics: Viewpoints on the current status and applications in nutrition research and practice. *J. Nutrigenet Nutrigenomics*, 2011, vol. 4, no 2, pp. 69–89.
6. Myzak M., Dashwood R.H. Histone deacetylases as targets for dietary cancer preventive agents: Lessons learned with butyrate, diallyldisulfide, and sulforaphane. *Current Drug Targets*, 2006, vol. 7, no 4, pp. 443–452.
7. Poirier L.A. The role of methionine in carcinogenesis in vivo. *Advances in Experimental Medicine a. Biology*, 1986, vol. 206, pp. 269–282.
8. Fenech M. The genome health clinic and genome health nutrigenomics concepts: diagnosis and nutritional treatment of genome and epigenome damage on an individual basis. *Mutagenesis*, 2005, vol. 20, no 4, pp. 255–269.
9. Waterland R.A., Jirtle R.L. Transposable elements: Targets for early nutritional effects on epigenetic gene regulation. *Molecular a. Cellular Biology*, 2003, vol. 23, no 15, pp. 5293–5300.
10. Scholl T.O., Johnson W.G. Folic acid: influence on the outcome of pregnancy. *Amer. J. of Clinical Nutrition*, 2000, vol. 71, suppl. 5, pp. 1295–1303.
11. -Theunissen R.P. Steegers Periconceptional maternal folic acid use of 400 µg per day is related to increased methylation of the IGF2 gene in the very young child. *PloS ONE*, 2009, vol. 4, iss. 11, pp. 1–5.
12. Efeyan A., Comb W.C., Sabatini D.M. Nutrient-sensing mechanisms and pathways. *Nature*, 2015, vol. 517, iss. 7534, pp. 302–310.
13. Fenech M. Nutrigenetics and nutrigenomics: viewpoints on the current status and applications in nutrition research and practice. *J. of Nutrigenetics a. Nutrigenomics*, 2011, vol. 4, no 2, pp. 69–89.
14. Mangelsdorf D.J. The nuclear receptor superfamily: the second decade. *Cell*, 1995, vol. 83, no 6, pp. 835–839.
15. Francis G.A. Nuclear receptors and the control of metabolism. *Annu. Rev. of Physiology*, 2003, vol. 65, pp. 261–311.
16. Cornelis M.C., El-Sohemy A. Coffee, caffeine, and coronary heart disease. *Current Opinion in Lipidology*, 2007, vol. 18, no 1, pp. 13–19.
17. Nuno N.B., Heuberger R. Nutrigenetic associations with cardiovascular disease. *Rev. in Cardiovascular*, 2014, vol. 15, no 3, pp. 217–225.
18. Voorrips L.E. Vegetable and fruit consumption and lung cancer risk in the Netherlands cohort study on diet and cancer. *Cancer Causes Control*, 2000, vol. 11, no 2, pp. 101–115.
19. Riboli E., Norat T. Epidemiologic evidence of the protective effect of fruit and vegetables on cancer risk. *Amer. J. of Clinical Nutrition*, 2003, vol. 78, suppl. 3, pp. 559–569.
20. Afman L., Müller M. Nutrigenomics: from molecular nutrition to prevention of disease. *J. of the Amer. Dietetic Assoc*, 200, vol. 106, iss. 4, pp. 569–576.
21. Ordoas J.M., Corella D. Nutritional genomics. *Annu. Rev. of Genomics a. Human Genetics*, 2004, vol. 5, iss. 1, pp. 71–118.

#### 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

#### Information about authors

*Margunova Alena M.* – Candidate of Technical Sciences, Deputy General Director for Standardization and Food Quality of the Republican Unitary Enterprise «Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus on Food» (29 Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: info@belproduct.com

УДК 577.161.2+615.356

Поступила в редакцию 05.02.2020  
Received 05.02.2020**А.Г. Мойсеёнок, Ю.З. Максимчик, И.С. Хвесько***Республиканское научно-исследовательское унитарное предприятие  
«Институт биохимии биологически активных соединений НАН Беларуси»,  
г. Гродно, Республика Беларусь***РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ДОСТИЖЕНИЮ ОПТИМАЛЬНОЙ  
ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ВИТАМИНОМ D РАЗЛИЧНЫХ ГРУПП  
НАСЕЛЕНИЯ**

**Аннотация.** Рассмотрение экспертной публикации польских ученых и специалистов по вопросу применения пищевых добавок витамина D в различных возрастных группах населения, включая группы развития дефицита витамина. На основании данных мировой литературы постулируется основополагающая роль биомаркера D-витаминного статуса — уровень кальцидиола (25(OH)D) в плазме или сыворотке крови с физиологическим диапазоном 30–50 нг/мл. Обосновывается верхний допустимый уровень приема кальциферола: в период новорожденности и младенчества — 1000 МЕ/сут, в возрасте 1–10 лет — 2000 МЕ/сут, в возрасте от 11–18 лет и у взрослых — 4000 МЕ/сут. Обращается внимание на необходимость контроля D-витаминного статуса молодых людей в возрасте 11–18 лет и пожилых людей в возрасте старше 75 лет, а также недоношенных детей и беременных женщин. Для последней группы возможно безопасное назначение витамина D в количестве 4000–6400 МЕ/сут. Указывается на необходимость оценки кальцемических и некальцемических эффектов кальциферолов, прежде всего, иммуномодулирующего и противовоспалительного действия, а также на возможность повышенной чувствительности к витамину, что требует индивидуализации схем витаминотерапии и витаминотерапии.

**Ключевые слова:** уровень потребления витамина D, биомаркер D-витаминного статуса, группы риска дефицита витамина D

**A.G. Moiseenok, Yu.Z. Maksimchyk, I.S. Khviasko***Institute of Biochemistry of Biologically Active Compounds, NAS of Belarus, Grodno, Belarus***GUIDELINES TO ACHIEVE OPTIMAL VITAMIN D REQUIREMENTS IN  
THE DIFFERENT GROUPS OF THE POPULATION**

**Abstract.** The current review considers the key aspects of the expert examination made by the Polish scientists and specialists on application of vitamin D supplements in the different groups of the population including those with the developed deficiency of vitamin D. Based on the global database collected in this matter the importance of using vitamin D deficiency marker as the diagnostic criteria for the evaluation of vitamin D status is supported and for this determination of calcidiol (25(OH)D) in blood plasma or serum is recommended considering that the levels in the range of 30–50 ng/ml are belonged to the physiological optimum. The upper limits of vitamin D consumption in the population are determined as follows: 1000 IU/day for neonates and infants, 2000 IU/day for children (1–10 years) and 4000 IU/day for adolescents (11–18 years) and adults (above 18 years old). The special attention is drawn to the need of assessing the vitamin D status in the population of young people aged 11–18 and in elderly people over the age of 75, as well as in preterm neonates and pregnant women. In regard of the last group mentioned, vitamin D is ascertained to be safe when consumed in the amount of 4000–6000 IU/day. In addition, the calcemic and non-calcemic actions of vitamin D must be considered and special attention is to be primarily paid for immune modulating and anti-inflammatory activities of vitamin D. Finally, the risks of vitamin D hypersensitivity should be avoided and therefore an individual approach is required when vitamin D is used for prevention and treatment of its insufficiency.

**Keywords:** levels of vitamin D consumption, biomarker of vitamin D status, groups at risk of vitamin D deficiency



Кальцитриол [1,25-дигидрооксихолекальциферол ( $1,25(\text{OH})_2\text{D}$ ), активная (гормональная) форма витамина D относится к группе гормонов — факторов транскрипции генов для многочисленных белков-мишеней и синтезируется из 25-гидрооксихолекальциферола ( $25(\text{OH})\text{D}$ ). Концентрация  $25(\text{OH})\text{D}$  в сыворотке или плазме крови является общепринятым и физиологически обоснованным биомаркером состояния обеспеченности организма витамином [1]. Сам витамин D является фактически прогормоном и представлен в форме эргокальциферола (витамин  $\text{D}_2$ ) или холекальциферола (витамин  $\text{D}_3$ ).

Механизм биотрансформации кальцидиола ( $25(\text{OH})\text{D}$ ) в кальцитриол и его функции подробно рассмотрены отечественными авторами [2, 3] и являются предметом дальнейших исследований в связи с плеiotропными функциями витамина D.

По мнению экспертов нецелесообразно использовать термин «гиповитаминоз D» на основе исследования  $25(\text{OH})\text{D}$  в сыворотке, поскольку клинические симптомы могут возникать и не возникать в различных диапазонах концентраций биомаркера ( $<10$ – $20$  и  $0$ – $10$  нг/мл), что обуславливается индивидуальными особенностями, продолжительностью дефицита и уровнем потребления кальция. Клинически выраженный и «симптоматический дефицит витамина D» или «гиповитаминоз D» — это состояние, когда клинические симптомы сосуществуют с низкими значениями биомаркера  $25(\text{OH})\text{D}$ . С другой стороны, «симптоматический гипервитаминоз D» или «интоксикация витамином D» распознается по существенно повышенной концентрации  $25(\text{OH})\text{D}$  (обычно  $> 150$  нг/мл), сочетающейся с нормальным или слегка повышенным уровнем кальцитриола, гиперкальциемией, гиперкальциурией и подавлением синтеза паратгормона, при этом клинические проявления соответствуют синдроматике гиперкальциемии.

Констатируется необходимость детализации рекомендаций по профилактике и коррекции дефицита витамина D для населения в целом и в группах его риска. При этом рекомендации рассматриваются с различной степенью доказательности и нами представлены в настоящей публикации только основанные на результатах проспективных когортных или рандомизированных контролируемых исследованиях с низким уровнем систематической ошибки. Эксперты выражают уверенность, что потребление витамина D в целом безопасно и несет положительные эффекты при использовании бесспорных «сильных» рекомендаций следующего характера [1]:

- профилактические дозы витамина D в общей популяции следует индивидуализировать в зависимости от возраста, массы тела, инсоляции (время года и продолжительность) по средствам солнечного облучения человека, пищевых привычек и образа жизни;
- в отличие от общепопуляционных исследований в группах риска дефицита витамина D рекомендуется периодическое исследование концентрации  $25(\text{OH})\text{D}$  в сыворотке крови.

Применение пищевых добавок витамина D в группах населения, а также в питании новорожденных и младенцев рекомендуется в следующих дозировках [1]:

- в возрасте 0–6 мес.: 400 МЕ с первых дней жизни, независимо от способа кормления;
- в возрасте 6–12 мес.: 400–600 МЕ, в зависимости от суточного количества витамина D, принимаемого с пищей;
- здоровые дети (1–10 лет), загорающие с открытыми предплечьями и ногами не менее 15 мин в период с 10 до 15 ч, без солнцезащитного крема (май–сентябрь) не требуют пищевой добавки, но при невыполнении указанных рекомендаций, необходима добавка 600–1000 МЕ в течение года в зависимости от массы тела и диетического потребления витамина D;
- подросткам (11–18 лет), выполняющим требования вышеприведенного пункта, добавка не требуется, но при невыполнении указанных рекомендаций необходим приём 800–2000 МЕ/сут в течение года в зависимости от массы тела и потребления витамина D;
- взрослым (19–65 лет), выполняющим требования, указанные выше, добавка не требуется, хотя она рекомендуется и безопасна, но при невыполнении рекомендаций по активации синтеза витамина D в коже необходим прием 800–2000 МЕ/сут в течение года в зависимости от массы тела и диетического потребления витамина D;
- пожилым людям ( $>65$ – $75$  лет) и людям с темным цветом лица в течение года рекомендуется прием витамина D в дозе 800–2000 МЕ/сут с учетом массы тела и потребления витамина D с пищей;
- престарелым людям ( $>75$  лет) рекомендуется прием витамина D в дозе 2000–4000 МЕ/сут с учетом массы тела и потребления витамина D с пищей;
- беременным и кормящим женщинам, в период планирования и наступления беременности необходимо осуществлять контроль уровня  $25(\text{OH})\text{D}$  в сыворотке крови и поддерживать его в оптимальном диапазоне  $>30$ – $50$  нг/мл, а в случае отсутствия контроля рекомендуется прием витамина D в дозе 2000 МЕ/сут в течение всей беременности и кормления грудью;
- недоношенным новорожденным в возрасте  $\leq 32$  недель беременности рекомендуется назначение витамина D в дозе 800 МЕ/сут независимо от способа кормления с контролем концентрации  $25(\text{OH})\text{D}$ , а при возрасте новорожденных 33–36 недель беременности — 400 МЕ/сут.

Дозировку добавок витамина D в группах риска дефицита витамина D, например, у лиц с локомоторными и гастроэнтерологическими нарушениями, хроническими заболеваниями, эндокринной патологией, нарушением развития, аллергическими, иммунологическими расстройствами и др., рекомендуется индивидуализировать. Особую группу риска составляют люди с ожирением, которым требуется двойная доза витамина D относительно лиц аналогичного возраста с нормальной массой тела. Рекомендуется контроль биомаркера 25(OH)D, а если он не проводится, необходим прием витамина D в максимальных рекомендуемых дозировках для данной возрастной группы.

Добавки витамина D в группах с риском повышенной чувствительности к витамину индивидуализируются на основании выявленных симптомов (гиперкальциемия, гиперкальциурия, нефрокальциноз, нефролитиаз, мутации гена CYP24A1 или SLC34A1 и иных, проявившихся у обследуемого или членов семьи в анамнезе). Назначение витамина D у этих лиц рекомендуется осуществлять по оценке уровня 25(OH)D в динамике с учетом диагностического стандарта на основе одновременного анализа 25(OH)D<sub>2</sub> и 25(OH)D<sub>3</sub> с вариацией результата между анализами <10 %. При достижении концентрации >100 нг/мл прием витамина D должен быть прекращен и осуществлен последующий контроль 25(OH)D с интервалом 1 мес. и, возможно, в последующем до достижения концентрации 25(OH)D ≤ 50 нг/мл. Необходим также контроль кальций/фосфорного соотношения в плазме крови.

Состояние интоксикации витамином D определяется при достижении показателя 25(OH)D >100 нг/мл, сопровождающегося гиперкальциемией, гиперкальциурией и подавлением уровня паратормона. Возможно повторное назначение добавок витамина D в дозах, рекомендуемых для возрастной группы при достижении нормокальциемии, нормокальциурии и концентрации 25(OH)D ≤ 50 нг/мл с последующим исключением гиперчувствительности к витамину D [1].

При выявлении высоких концентраций 25(OH)D в диапазоне 50–100 нг/мл следует принять решение о корректировке дозы и схемы применения, а при концентрации 75–100 нг/мл прием витамина D следует прекратить на 1–2 мес. Особого внимания требуют в этой ситуации новорожденные, дети грудного и младшего возраста, у которых наряду с 25(OH)D следует оценить кальциемию и кальциурию. При концентрации биомаркера 50–75 нг/мл рекомендуется уменьшить дозу витамина D на 50 % и провести повторный анализ в течение 3-х-месячного периода. Оптимальной величиной 25(OH)D в сыворотке является 30–50 нг/мл и не рассматривается в этом диапазоне как необходимость коррекции принятой схемы витаминотерапии.

Субоптимальная концентрация 25(OH)D в диапазоне 20–30 нг/мл является показанием для увеличения дозы приема витамина D на 50 % с последующим контролем биомаркера (через 6 мес.) в случае, если добавка была целесообразна и соответствовала возрасту. Если витамин D вовсе не принимался, необходим прием витамина в соответствии с рекомендациями, изложенными выше.

Концентрация 25(OH)D в диапазоне 10–20 нг/мл указывает на дефицит ВД в питании и если пищевые добавки витамина соответствовали рекомендуемым, необходимо увеличение дозы на 100 % с контролем биомаркера через 3 мес. В случаях отсутствия пищевых добавок ВД в рационе их прием осуществляется в соответствии с возрастными рекомендациями и контролем биомаркера через 3 мес. При наличии симптомов поражения костной системы необходим комплекс исследований кальций-фосфорного статуса и оценка минеральной плотности костей.

Глубокий дефицит витамина D при концентрации 25(OH)D в диапазоне 0–10 нг/мл требует назначения увеличенных терапевтических доз витамина с учетом возраста и массы тела с контролем уровня 25(OH)D через 1–3 мес. терапии (возраст до 1 года — 2000 МЕ/сут, 1–10 лет — 3000–6000 МЕ/сут, > 10 лет — 6000 МЕ/сут). Период интенсивной терапии проводится в течение 3 мес. или до достижения концентрации 25(OH)D > 30–50 нг/мл с последующим назначением поддерживающей дозы, соответствующей рекомендованной с учетом возраста и массы тела. При наличии симптомов поражения костной системы проводится углубленное обследование пациентов.

Во время приема пищевых добавок или фармакологических препаратов ВД должно быть обеспечено адекватное диетическое потребление кальция с пищевыми продуктами (1 стакан молока, кефира, пахты содержит 240 мг кальция, что эквивалентно 35 г творога, 130 г фундука, 150 г бобов, 350 г капусты) или в форме фармацевтических средств. Национальные рекомендации указывают на необходимость потребления кальция в возрасте 1–18 лет от 500 до 1300 мг/сут (рекомендации Американского института медицины для возраста 1–18 лет от 700 до 1300 мг/сут) [1].

Соотношение вышеизложенных рекомендаций польских экспертов с материалами иных стран и научно-медицинских сообществ показывает значительную вариабельность средневзвешенной дозы пищевой добавки ВД от 200 до 2000 МЕ. Это в значительной мере отражает различия в оценке минимальной целевой концентрации биомаркера D-витаминного статуса 25(OH)D от 10 до 40 нг/мл. Однако консенсус рекомендаций специалистов самых последних лет постулирует нижнюю величину биомаркера в 30 нг/мл как необходимый уровень поддержания здорового состояния организма. Но и этот лабораторный тест не может быть принят достаточно убедительным, когда речь идет о реально существующих возрастных группах с повышенным риском дефицита витамина D в питании.

Речь идет о молодых людях в возрасте 11–18 лет, отличающихся быстрым и значительным увеличением веса, ускоренным развитием скелета, активным метаболизмом и ремоделированием костной ткани, перераспределением мышечно-жировых компартментов тела, особенностями поведенческих аспектов пубертатного перехода, для которых поступление и формирование депо витамина D в организме может иметь неблагоприятные последствия. Риск дефицита ВД углубляется сидячим поведением и продолжительностью пребывания в закрытом помещении, особенностями пищевых привычек и предпочтений, склонностью к потреблению ограничительных диет. Анализируются результаты рандомизированных контролируемых исследований на молодых людях, проведенных в Великобритании, США, России и Польши, наблюдавших эффективность применения ВД в дозе до 2000 МЕ, в которых достижение целевого уровня биомаркера  $\geq 30$  нг/мл наблюдали у 60–97% обследованных, но обычно не наблюдали значений  $\geq 40$  нг/мл. Тяжелый дефицит витамина D выявляли в пубертатном периоде в подростковом возрасте [1].

Второй группой повышенного риска дефицита витамина D являются пожилые люди старше 75 лет, которым необходимо принимать ВД в дозах 2000–4000 МЕ/сут в зависимости от массы тела. В этом случае целевая концентрация 25(OH)D достигается в пределах 30–50 нг/мл не менее чем у 90 % пожилых людей. Доказанным результатом выполнения указанной рекомендации является снижение риска падений, переломов проксимального отдела бедренной кости, а также риска других переломов. Кроме того, указанные дозировки обеспечивают потенциальный здоровосохраняющий эффект за счет плеiotропного действия кальциферола. Указанные дозы соответствуют рекомендациям Американского гериатрического общества [1].

Дополнительно рассмотрен вопрос о дозировке ВД в питании недоношенных детей. Судя по публикациям результатов рандомизированных исследований выявляются преимущества дозирования витамина в пределах 800–1000 МЕ/сут для новорожденных, родившихся в период  $\leq 32$  недели беременности и при низкой массе тела ( $< 1500$  г) при рождении. Только при добавлении к питанию ВД в дозе 800 МЕ/сут стало возможным достижение уровня биомаркера в 60 нг/мл, несмотря на глубокий дефицит витамина при рождении. Ряд наблюдений свидетельствует, что риск дефицита витамина D при рождении увеличивается при сокращении беременности, а риск преждевременных родов возрастает в зависимости от степени дефицита ВД. Тем не менее, увеличение приема кальциферола в течение 1 мес. должно сопровождаться исследованием 25(OH)D. Популярно и широко применяемая практика потребления витамина D 200 МЕ в детских смесях не приводит к профилактическому эффекту.

Судя по данным мировой литературы, а также собственных исследований, польские эксперты рассматривают добавки в 4000–6400 МЕ/сут как безопасные, эффективные для беременных и кормящих грудью женщин, а дозы в 600–800 МЕ/сут как недостаточно эффективные для благополучного разрешения беременности. С учетом дополнительного поступления витамина D с рекомендуемыми поливитаминными препаратами в обычной дозе 200 МЕ ежедневно, при отсутствии контроля биомаркера, эксперты рекомендуют прием до 2000 МЕ/сут. Важнейшей профилактической задачей рассматривается предупреждение дефицита витамина D при планировании и возникновении беременности, также он влечет риск преждевременных родов и токсикоза беременности (преэклампсии), а также рождения плода с низкой массой тела угрозы бактериального вагиноза.

Профилактические дозы витамина D возрастают или уменьшаются при генетической предрасположенности к развитию симптоматической гиперкальциемии, обусловленной мутацией генов (CYP24A1 или SLC34A) и нарушением метаболизма гормональной формы кальцитриола. Особого внимания требуют индивидуумы с симптоматической гиперкальциемией, гиперкальциурией, нефрокальцинозом, что требует дополнительного обследования. В случае диагностированной гиперчувствительности к ВД при восполнении дефицита предполагается поддерживать концентрацию 25(OH)D в пределах 20–25 нг/мл [4].

Польские эксперты, с учетом данных зарубежных исследований, с большой осторожностью оценивают разовый (болюсный) прием ВД в большой дозировке с длительными интервалами (до 3 мес.). Подобная схема была принята международным консенсусом в 2016 г. для профилактики и терапии рахита в случаях, когда ежедневный прием рекомендуемых ежесуточных доз затруднен или невозможен [1].

Несмотря на то, что в польском здравоохранении принята разовая доза 30000 МЕ/сут витамина D в рецептурной форме, с ограничением приема периодичностью 1 раз в месяц взрослым, пожилым людям и подросткам ( $> 12$  лет), экспертиза не рассматривает указанную схему необходимой и безопасной. Этот риск может возрастать у подростков и взрослых с ожирением, стремящихся к увеличению эффективности и значительно превышающих кумулятивную дозировку витамина. Отрицательный результат потребления 300 мкг или 60000 МЕ кальцитриола/месяц наблюдали у пожилых людей старше 75 лет. Указывается на отсутствие доказательной базы эффективности сочетанного применения витамина D и витамина K<sub>2</sub> (менахинона-7) для предупреждения кальцификации сосудов [1].

В схемах назначения пищевых добавок, содержащих витамин D важное значение принадлежит регулярности их приема, характеру пищи (наличие жиросодержащих продуктов), форме и качеству

D-витаминоносителя и сбалансированности пищевого рациона по содержанию кальция. Если потребление Са-содержащих продуктов недостаточно или невозможно следует рекомендовать прием фармакологических средств с кальцием в дробных дозировках во избежание транзиторной гиперкальциурии.

В оценке эффективности применения витамина D исходят как из кальциемических эффектов витамина и состояния костно-суставной системы, так и внекостных проявлений вследствие плеiotропного действия кальциферолов. Серьезный дефицит витамина D может проявляться болями в костях различной интенсивности и локализации, риском переломов по причине остеомалиции и остеопороза. Возможны осложнения развития гипокальциемического синдрома, тетания, деформация костей, мышечная слабость. Наиболее тяжелые случаи приводят к гипокальциемической кардиомиопатии, нарушениям психомоторного и физического развития. Отдельный анализ  $1,25(\text{OH})_2\text{D}$  может не отражать степень и глубину D-витаминного дефицита и должен сопровождаться в сложных случаях исследованием показателей кальций-фосфорного обмена и гормонального статуса [1].

Внекостные эффекты гормональной формы витамина D обусловлены широкой тканевой локализацией рецептора VDR, а также внепочечных  $1-\alpha$ -гидроксилаз, обеспечивающих локальные аутокринные и паракринные функции кальцитриола. Выделяют геномные и негеномные эффекты, в которых реализуется процесс модулирования различных метаболических эффектов, а также экспрессии генов и их продуктов. Наиболее изучены эффекты кальцитриола на пролиферацию и дифференцировку иммунных клеток, апоптоз и размножение опухолевых клеток, регулирование соотношения про- и противовоспалительных цитокинов, активность ренин-ангиотензин-альдостероновой системы, процесс кальцификации кровеносных сосудов, гормональный гомеостаз и др. [2]. Эксперты подчеркивают важнейшую роль кальциферолов в иммуномодулирующем действии, прежде всего, в формировании противоинфекционного иммунитета. Из указанного следует широкий спектр ассоциации низкого уровня  $25(\text{OH})\text{D}$  в сыворотке крови с риском различных, в т.ч., основных неинфекционных заболеваний [1, 5, 6]. Дефицит витамина D также связывают с повышенным риском смертности популяции в целом.

Следует принять во внимание, что верхний допустимый предел приёма витамина D был установлен для практически здоровых лиц с целью ограничения неконтролируемого избыточного потребления витамина D и его не следует сравнивать с рекомендуемыми дозами при контролируемом лечении дефицита витамина D.

Верхний допустимый предел считается безопасным для здорового населения и подтвержден крупными и авторитетными научными сообществами, включая Институт медицины США и Европейским управлением по безопасности пищевых продуктов [6, 8]. Эти величины целесообразно повторить: в период новорожденности и младенчества — 1000 МЕ/л, в возрасте 1–10 лет — 2000 МЕ/сут, в возрасте от 11–18 лет и у взрослых — 4000 МЕ/сут. При наличии симптомов передозирования витамина D или интоксикации проводится капельное введение физраствора с последующим назначением диуретиков. Детоксикационный эффект потенцируется назначением глюкокортикоидов, бисфосфонатов, кальцитонина или кетоконазола, а в необходимых случаях, назначением противосудорожных препаратов.

С точки зрения сохранения гомеостаза и поддержания здорового статуса организма уровень биомаркера оптимальной обеспеченности витамином D принят в диапазоне 30–50 нг/мл. При указанных концентрациях кальцитриола не возникают гиперкальциемия и гиперкальциурия. Это соответствует показателям активности  $25$ -гидроксилазы, которая поддерживается на уровне 50 % от максимальной при концентрации  $25(\text{OH})\text{D}$  равной 40 нг/мл. Гистоморфометрический анализ биопсий костей показывает отсутствие признаков остеомалиции при концентрации  $25(\text{OH})\text{D}$  в сыворотке крови > 30 нг/мл. Наконец, важным аргументом является достижение нормальных родов здоровых детей теми родительницами, у которых в течение родов уровень биомаркера поддерживается близким к 40 нг/мл [5, 7–9].

Авторы обращают внимание на отсутствие в рекомендациях польских экспертов фактора полигиповитаминозных состояний у большинства населения, тогда как усвояемость и эффективность витамина D связана с рядом других витаминов и их метаболитов. Это обуславливает необходимость назначения витамина D с учетом фактора межвитаминных взаимосвязей, в т.ч. с существенной коррекцией дозовых нагрузок [10]. Обоснование концепции В.Б. Спиричева «Витамин D+12 витаминов» подробно рассматривается в настоящем издании.

Таким образом, по мнению польских экспертов, согласованному с рекомендацией ЕС, проблема диагностики, профилактики и лечения дефицита витамина D является актуальной и важной для общественного здравоохранения и при непрятии действенных мер может быть отягощена по причине возможности неблагоприятных социально-экономических процессов, изменений в образе жизни и недостаточного восприятия необходимости систематического контроля пищевого потребления витамина и пополнения его баланса за счет адекватной дозы ультрафиолетового облучения.



Согласно общепринятым рекомендациям, чрезвычайно необходимо также восприятие врачами всех специальностей, прежде всего врачами общей практики и диетологами, приоритетности рассматриваемой проблемы, осознание неотложности решения практических задач витаминологической направленности руководством страны и лидерами медицинской общественности, дальнейшее расширение знаний и поисковых исследований для адаптации накопленных предложений и рекомендаций с учетом плеiotропных функций витамина D.

Авторы выражают благодарность руководителю экспертной группы и президенту EVIDAS профессору Павлу Плутовскому за предоставление материалов настоящей публикации и консультирование в отношении экспертных оценок рекомендуемых схем применения витамина D различным группам населения.

### Список использованных источников

1. Vitamin D Supplementation Guidelines for General Population and Groups at Risk of Vitamin D Deficiency in Poland—Recommendations of the Polish Society of Pediatric Endocrinology and Diabetes and the Expert Panel With Participation of National Specialist Consultants and Representatives of Scientific Societies—2018 Update / A. Rusińska [et al.] // *Front Endocrinol (Lausanne)*. — 2018. — Vol. 9, Art. 246. — P. 1–21. doi: 10.3389/fendo.2018.00246.
2. Громова, О.А. Витамин D — смена парадигмы / О.А. Громова, И.Ю. Торшин. — М. : Гэотар-Мед. — 2017. — 750 с.
3. Витамин D — расширение биохимических функций и возможности коррекции витаминного и кальциевого гомеостаза / А.Г. Мойсеёнок [и др.] // *Биогеохимия химических элементов и соединений в природных средах: матер. II междунар. школы-семинара для молодых исследователей, посвящ. памяти профессора В.В. Ильина, Тюмень, 6–20 мая 2016 г.* — Издат. Тюменского гос. ун-та, 2016. — С. 109–123.
4. Vitamin D supplementation guidelines / P. P udowski [et al.] // *J Steroid Biochem Mol Biol*. — 2018. — Vol. 175. — P. 125–135. doi:10.1016/j.jsbmb.2017.01.021
5. Practical guidelines for the supplementation of vitamin D and the treatment of deficits in Central Europe — recommended vitamin D intakes in the general population and groups at risk of vitamin D deficiency / P. P łudowski [et al.] // *Endokrynol Pol*. — 2013. — Vol. 64, N 4. — P. 319–327. DOI: 10.5603/ep.2013.0012
6. Evaluation, treatment, and prevention of vitamin D deficiency: an Endocrine Society clinical practice guideline / M.F. Holick [et al.] // *J Clin Endocrinol Metab*. — 2011. — Vol. 96, N 7. — P. 1911–1930. doi: 10.1210/jc.2011-0385
7. Norman, A.W. From vitamin D to hormone D: fundamentals of the vitamin D endocrine system essential for good health / A.W. Norman // *Am J Clin Nutr*. — 2008. — Vol. 88, N 2. — P. 491S–499S. doi:10.1093/ajcn/88.2.491S
8. Bone mineralization defects and vitamin D deficiency: histomorphometric analysis of iliac crest bone biopsies and circulating 25-hydroxyvitamin D in 675 patients / M. Priemel [et al.] // *J Bone Miner Res*. — 2010. — Vol. 25, N 2. — P. 305–312. doi:10.1359/jbmr.090728
9. Vitamin D administration during pregnancy as prevention for pregnancy, neonatal and postnatal complications / C. L. Wagner [et al.] // *Rev Endocr Metab Disord*. — 2017. — Vol. 18, N 3. — P. 307–322. doi:10.1007/s11154-017-9414-3
10. Современные лечебно-профилактические технологии коррекции D-витаминного статуса: преодоление риска недостаточности и избыточного потребления кальциферолов / Е.А. Мойсеёнок [и др.] // *Медицина* / под ред. Н.С. Сердюченко и др. — Минск, 2016. — № 4 (95). — С. 39–55.

### References

1. Rusińska A., P łudowski P., Walczak M., Borszewska-Kornacka M.K., Bossowski A., Chlebna-Sokół D., Czech-Kowalska J., Dobrzańska A., Franek E., Helwich E., Jackowska T., Kalina M.A., Konstantynowicz J., Książyk J., Lewiński A., Łukaszkiwicz J., Marcinowska-Suchowierska E., Mazur A., Michałus I., Peregud-Pogorzelski J., Romanowska H., Ruchała M., Socha P., Szalecki M., Wielgoś M., Zwolińska D., Zygmunt A. Vitamin D Supplementation Guidelines for General Population and Groups at Risk of Vitamin D Deficiency in Poland—Recommendations of the Polish Society of Pediatric Endocrinology and Diabetes and the Expert Panel With Participation of National Specialist Consultants and Representatives of Scientific Societies—2018 Update. *Frontiers in Endocrinology (eCollection 2018)*, 2018, vol. 9, art. 246, pp. 1–24. doi: 10.3389/fendo.2018.00246 Gromova O., Torshin I. Vitamin D — the shift of paradigm. Moscow, Torus Press Publ., 2015. 464 p. (in Russian).



2. Gromova O., Torshin I. *Vitamin D — the shift of paradigm*. Moscow, Torus Press Publ., 2015. 464 p. (in Russian).
3. Moiseyenko A.G., Kucher A.S., Yankovskaya L.V., Gurinovich V.A., Moiseyenko E.A., Rovbut T.I., Morgol A.S. Vitamin D - the expansion of biochemical functions and the possibility of the correction of vitamin's and calcium homeostasis. *Biogeochemistry of chemical elements and compounds in natural environment: Materials of the II International workshop for young scientists*. Dedicated to the memory of Professor Ilyin V.V. Tyumen, Tyumen State University Publ., 2016. pp. 109–123. (in Russian).
4. Pludowski P., Holick M.F., Grant W.B., Konstantynowicz J., Mascarenhas M.R., Haq A., Povoroznyuk V., Balatska N., Barbosa A.P., Karonova T., Rudenka E., Misiorowski W., Zakharova I., Rudenka A., Łukaszewicz J., Marcinowska-Suchowierska E., Łaszcz N., Abramowicz P., Bhattoa H.P., Wimalawansa S.J. Vitamin D supplementation guidelines. *The Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology*, 2018, vol. 175. pp. 125–135. doi:10.1016/j.jsbmb.2017.01.021.
5. Pludowski P., Karczmarewicz E., Bayer M., Carter G., Chlebna-Sokół D., Czech-Kowalska J., Dębski R., Decsi T., Dobrzańska A., Franek E., Głusko P., Grant W.B., Holick M.F., Yankovskaya L., Konstantynowicz J., Książek J.B., Książek-Polska-Orłowska K., Lewiński A., Litwin M., Lohner S., Lorenc R.S., Łukaszewicz J., Marcinowska-Suchowierska E., Milewicz A., Misiorowski W., Nowicki M., Povoroznyuk V., Rozentryt P., Rudenka E., Shoenfeld Y., Socha P., Solnica B., Szalecki M., Tałaaj M., Varbiro S., Żmijewski M.A. Practical guidelines for the supplementation of vitamin D and the treatment of deficits in Central Europe - recommended vitamin D intakes in the general population and groups at risk of vitamin D deficiency. *Endokrynologia Polska*, 2013, vol. 64, no 4, pp. 319–327. DOI: 10.5603/ep.2013.0012.
6. Holick M.F., Binkley N.C., Bischoff-Ferrari H.A., Gordon C.M., Hanley D.A., Heaney R.P., Murad M.H., Weaver C.M.; Endocrine Society. Evaluation, treatment, and prevention of vitamin D deficiency: an Endocrine Society clinical practice guideline. *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 2011, vol. 96, no 7, pp. 1911–1930. doi: 10.1210/jc.2011-0385.
7. Norman A. W. From vitamin D to hormone D: fundamentals of the vitamin D endocrine system essential for good health. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 2008, vol. 88, no 2, pp. 491S–499S. doi:10.1093/ajcn/88.2.491S.
8. Priemel M., von Demarsh C., Klatte T.O., Kessler S., Schlie J., Meier S., Proksch N., Pastor F., Netter C., Streichert T., Pöschel K., Amling M. Bone mineralization defects and vitamin D deficiency: histomorphometric analysis of iliac crest bone biopsies and circulating 25-hydroxyvitamin D in 675 patients. *Journal of Bone and Mineral Research*, 2010, vol. 25, no 2, pp. 305–312. doi:10.1359/jbmr.090728.
9. Wagner C.L., Hollis B.W., Kotsa K., Fakhoury H., Karras S.N. Vitamin D administration during pregnancy as prevention for pregnancy, neonatal and postnatal complications. *Reviews in Endocrine and Metabolic Disorders*, 2017, vol. 18, no 3, pp. 307–322. doi:10.1007/s11154-017-9414-3.
10. Moiseyenko A.G., Moiseyenko E.A., Yankovskaya L.V., Rovbut T.I., Gurinovich V.A., Morgol A.S., Kucher A.S., Moscow V.V., Snezhitsky V.A. Modern treatment and prophylactic technologies for the correction of vitamin D status: overcoming the risks of the insufficiency and excessive consumption of calciferols. *Medicine*, 2016, no 4, pp. 39–55. (in Russian).

#### Информация об авторах

*Моисеев Андрей Георгиевич* — член-корреспондент, профессор, доктор биологических наук государственного предприятия «Институт биохимии биологически активных соединений НАН Беларуси» (БЛК 50, 230030, г. Гродно, Республика Беларусь). E-mail: andrey.moiseyenko@tut.by.

*Максимчик Юрий Зигмундович* — научный сотрудник государственного предприятия «Институт биохимии биологически активных соединений НАН Беларуси» (БЛК 50, 230030, г. Гродно, Республика Беларусь). E-mail: y.maksimchik@ibiochemistry.by.

*Хвесько Иван Сергеевич* — младший научный сотрудник государственного предприятия «Институт биохимии биологически активных соединений НАН Беларуси» (БЛК 50, 230030, г. Гродно, Республика Беларусь). E-mail: val@bioch.basnet.by.

#### Information about authors

*Moiseyenko Andrey G.* — Correspondent Member, D. Sc. (Biol.), State Enterprise “Institute of Biochemistry of Biologically Active Compounds of the National Academy of Sciences of Belarus” (50, BLK, 230030, Grodno, Republic of Belarus). E-mail: andrey.moiseyenko@tut.by.

*Maksimchik Yury Z.* — Researcher State Enterprise “Institute of Biochemistry of Biologically Active Compounds of the National Academy of Sciences of Belarus” (50, BLK, 230030, Grodno, Republic of Belarus). E-mail: y.maksimchik@ibiochemistry.by.

*Khviasko Ivan S.* — Junior researcher “Institute of Biochemistry of Biologically Active Compounds of the National Academy of Sciences of Belarus” (50, BLK, 230030, Grodno, Republic of Belarus). E-mail: val@bioch.basnet.by.

**М.М. Петухов<sup>1</sup>, З.В. Василенко<sup>2</sup>, Е.В. Коляда<sup>1</sup>, С.В. Пашук<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Учреждение образования «Белорусский государственный экономический университет»,  
г. Минск, Республика Беларусь

<sup>2</sup>Учреждение образования «Могилевский государственный университет продовольствия»,  
г. Могилев, Республика Беларусь

<sup>3</sup>Государственное предприятие «Белтехнохлеб», г. Минск, Республика Беларусь

## **УСТАНОВЛЕНИЕ СРОКОВ ГОДНОСТИ СДОБНЫХ БУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ДРОЖЖЕВОГО ТЕСТА**

**Аннотация.** Доведение до потребителей качественной продукции является главной задачей розничной торговли и объектов общественного питания. Общеизвестно, что в процессе хранения изделий из дрожжевого теста наблюдается снижение их качества. Оно обусловлено потерей вкуса и аромата, присущих свежим изделиям, снижением мягкости и повышением крошковатости мякиша. В связи с этим установление оптимальных сроков хранения является одной из важнейших задач, позволяющих гарантировать доведение до потребителей качественной продукции, отвечающей требованиям технических нормативных правовых актов. В работе представлены результаты исследования показателей качества нового изделия из сдобного дрожжевого теста с комплексной пищевой добавкой (булочка «Весенняя») в процессе хранения. Полученные экспериментальные данные позволили установить оптимальный срок годности сдобной булочки «Весенняя» — 48 ч при хранении в неупакованном виде и 72 ч — при хранении в упаковке. Также изучена динамика сохранения витамина С в образцах. Установлено, что в конце срока годности неупакованных изделий содержание витамина С составляет 11,5 мг %, а упакованных — 9,7 мг %. Это позволяет отнести булочку «Весенняя» из сдобного дрожжевого теста к группе обогащенных продуктов в соответствии с требованиями технических нормативных правовых актов Республики Беларусь.

**Ключевые слова:** булочные изделия, исследование качества, срок годности, витамин С, обогащение

**M.M. Petukhou<sup>1</sup>, Z.V. Vasilenko<sup>2</sup>, E.V. Koliada<sup>1</sup>, S.V. Pashuk<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Belarus State Economic University, Minsk, Republic of Belarus

<sup>2</sup>Mogilev State University of Food, Mogilev, Republic of Belarus

<sup>3</sup>Beltehnoble, Minsk, Republic of Belarus

## **THE DETERMINATION SHELF LIFE PASTRY BAKERY PRODUCTS FROM THE YEAST DOUGH**

**Abstract.** Bringing quality products to consumers is the main task of retail and catering facilities. It is well known that during the storage of products from yeast dough there is a decrease in their quality. It is due to the loss of taste and aroma inherent in fresh products, a decrease in softness and an increase in the crumbiness of the crumb. In this regard, the establishment of optimal storage periods is one of the most important tasks that can guarantee the delivery to consumers of quality products that meet the requirements of technical regulatory legal acts. The article presents the results of a study of the quality of a new product from the yeast dough with a complex food additive (bun «Spring») during storage. The obtained experimental data allowed to establish the optimal shelf life of the buns «Spring» — 48 hours when stored in unpacked form and 72 hours — when stored in a package. The dynamics of vitamin C preservation in samples was also studied. It was found that at the end of the shelf life of unpacked products the content of vitamin C is 11.5 mg%, and packed — 9.7 mg%. This allows us to refer the bun «Spring» from the yeast dough to the group of enriched products (enriched with vitamins) in accordance with the requirements of technical regulations of the Republic of Belarus.

**Keywords:** bakery products, quality research, the shelf life, vitamin C, enrichment

Одна из главных задач хлебопекарной промышленности — получение высококачественных хлебобулочных изделий. Хлебобулочные изделия из пшеничного теста должны иметь достаточный объ-

ем, правильную форму, окрашенную (зарумяненную) корку без подрывов и трещин, эластичный мякиш с мелкой, тонкостенной и равномерной пористостью. Они должны быть вкусными и ароматными. Способность муки давать хлебобулочные изделия высокого качества с наибольшим выходом при соответствующем режиме тестоведения и выпечки определяется в первую очередь ее хлебопекарными достоинствами.

В процессе хранения хлебобулочных изделий наблюдается снижение их качественных характеристик, что обусловлено потерей вкуса и аромата, присущих свежим изделиям, снижением мягкости и повышением крошковатости мякиша. В связи с этим установление оптимальных сроков хранения является одной из важнейших задач, позволяющих гарантировать доведение до потребителей качественной продукции, отвечающей требованиям технических нормативных правовых актов.

Целью научного исследования является обоснование срока годности сдобных булочных изделий из дрожжевого теста с использованием комплексной пищевой добавки.

Объектом исследования было выбрано сдобное булочное изделие из дрожжевого теста — булочка «Весенняя», обогащенная витамином С (за основу брали рецептуру булочки «Школьная»). Для ее производства тесто готовили безопарным способом. В дежу тестомесильной машины вливали подогретое до температуры  $37 \pm 2^\circ\text{C}$  молоко (80 % от общего количества), добавляли дрожжи, комплексную пищевую добавку, состоящую из мальтодекстрина, модифицированного крахмала горячего набухания марки С\*PolarTexInstant 06205 (МК 06205), глюкозы и аскорбиновой кислоты в соотношении 1 : 3 : 4 : 0,03, и тщательно перемешивали. Полученную смесь для активации дрожжей ставили в расстойный шкаф с температурой  $37 \pm 2^\circ\text{C}$  и относительной влажностью воздуха  $80 \pm 5\%$  на 20 мин. Затем вносили сахар и соль, предварительно растворенные в оставшейся части молока, добавляли меланж, муку и вели замес до получения теста однородной консистенции в течение 5–6 мин. В конце замеса вводили растопленный маргарин и продолжали замес. Полученное тесто ставили для брожения в расстойный шкаф на 105 мин. В процессе брожения делали две обминки. Выбродившее тесто делили на куски, которым придавали округлую форму, укладывали на смазанные растительным маслом листы и ставили в теплое место для расстойки на 25–30 мин. Выпечку проводили в конвекционной печи «ALFA 41» (Италия) при температуре  $225 \pm 2^\circ\text{C}$  в течение 10–12 мин [1, 2].

При проведении контрольных производственных выпечек сдобной булочки «Весенняя» из дрожжевого теста были получены изделия, характеризующиеся высокими органолептическими показателями. Они отличались от контрольного образца — булочка «Школьная» — цветом корки (светло-коричневая у контроля и темно-золотистая — у булочки «Весенняя»), более выраженным и гармоничным вкусом. При этом на поверхности выпеченных изделий, в отличие от контрольного образца, появлялись едва заметные мелкие и короткие трещины.

На хранение закладывали булочку «Весеннюю» в упаковке и без упаковки, а также контрольный образец в неупакованном виде. Охлажденные образцы упаковывались в пакеты из полимерных материалов с перфорацией через 1 ч после выпечки. Хранение изделий осуществляли 72 ч в лаборатории при температуре  $20 \pm 2^\circ\text{C}$  и относительной влажности воздуха  $75 \pm 5\%$ . В процессе хранения (через 4, 24, 48 и 72 ч) контролировали органолептические и физико-химические показатели качества готовых изделий.

Данные, характеризующие физико-химические показатели качества нового сдобного изделия из дрожжевого теста, приведены в табл. 1.

Таблица 1. Физико-химические показатели качества неупакованных сдобных изделий из дрожжевого теста через 24 ч хранения  
Table 1. Physico-chemical quality indicators of unpacked rich yeast dough products after 24 hours of storage

| Наименование показателя                                                    | Характеристика показателя        |                    |
|----------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|--------------------|
|                                                                            | булочка «Школьная»<br>(контроль) | булочка «Весенняя» |
| Масса, г                                                                   | $75,5 \pm 1,4$                   | $80,7 \pm 1,0$     |
| Влажность мякиша, %                                                        | $31,5 \pm 0,7$                   | $32,5 \pm 0,4$     |
| Пористость, %                                                              | $68,4 \pm 3,5$                   | $70,7 \pm 1,1$     |
| Удельный объем, $\text{см}^3/\text{г}$                                     | $2,60 \pm 0,06$                  | $2,65 \pm 0,08$    |
| Формоустойчивость, Н/Д                                                     | $0,687 \pm 0,024$                | $0,737 \pm 0,017$  |
| Кислотность, е                                                             | $2,1 \pm 0,1$                    | $2,3 \pm 0,1$      |
| Массовая доля общего сахара (по сахарозе) в пересчете на сухое вещество, % | $15,8 \pm 0,6$                   | $15,9 \pm 0,8$     |
| Массовая доля жира в пересчете на сухое вещество, %                        | $11,7 \pm 0,5$                   | $10,9 \pm 0,4$     |

Полученные в ходе исследований данные свидетельствуют, что включение в состав рецептуры сдобной булочки из дрожжевого теста комплексной пищевой добавки оказывает положительное влияние на пористость, удельный объем и формоустойчивость готовых изделий. Пористость увеличивается с 68,4 % у контрольного образца до 70,7 % у приготовленного по разработанной технологии, а удельный объем — с 2,60 до 2,65 см<sup>3</sup>/г соответственно. Показатель, характеризующий формоустойчивость изделий из дрожжевого теста, возрастает с 0,687 до 0,737 [3].

Увеличение выхода сдобных изделий из дрожжевого теста с использованием комплексной пищевой добавки с 75,5 до 80,7 г обусловлено положительным влиянием комплексной пищевой добавки на водопоглощительную способность муки. Согласно данным, полученным на приборе «Mixelab» производства компании «Chopin Technologies» (Франция), водопоглощительная способность пшеничной муки при использовании комплексной пищевой добавки увеличивается с 54,1 % до 58,0 %.

Повышение кислотности готовых изделий с 2,1е у контрольного образца до 2,3е у булочки «Весенняя» обусловлено внесением аскорбиновой кислоты и более активным кислотообразованием в процессе брожения. Последнее связано с улучшением условий для развития дрожжевых клеток (на начальном этапе брожения в тесте содержится больше моносахаридов). Увеличение влажности мякиша по отношению к контрольному образцу до 32,5 % во многом обусловлено действием входящей в состав пищевой добавки модифицированного крахмала МК 06205, который прочно удерживает влагу в процессе выпечки и во время хранения.

Результаты микробиологических исследований образцов сдобных изделий из дрожжевого теста после 24 ч хранения представлены в табл. 2.

Таблица 2. Микробиологические показатели качества сдобного изделия из дрожжевого теста  
Table 2. Microbiological quality indicators of a rich yeast dough product

| Наименование показателя                        | Характеристика показателя |                     | Требования ТНПА     |
|------------------------------------------------|---------------------------|---------------------|---------------------|
|                                                | булочка «Школьная»        | булочка «Весенняя»  |                     |
| КМАФАнМ, КОЕ/г                                 | 2,1x10 <sup>2</sup>       | 0,8x10 <sup>2</sup> | 1,0x10 <sup>3</sup> |
| БГКП (колиформы) в 1 г продукта                | не обнаружены             | не обнаружены       | не допускаются      |
| Патогенные, в т.ч. сальмонеллы в 25 г продукта | не обнаружены             | не обнаружены       | не допускаются      |
| Плесени, КОЕ/г                                 | 3                         | не обнаружены       | 50                  |

Данные, представленные в табл. 2, показывают, что сдобная булочка «Весенняя» отличается от контрольного образца более высокой микробиологической чистотой. Количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов в 1 г продукта снижается более чем в 2,6 раза (на 61,9 %), а наличие плесневых грибов не обнаружено (в контрольном образце — 3 КОЕ/г). Это свидетельствует о более высокой устойчивости сдобной булочки «Весенняя» к микробиологической порче. По нашему мнению, главная роль в повышении микробиологической чистоты принадлежит аскорбиновой кислоте, которая подавляет развитие микроорганизмов и плесневых грибов. Очевидно, что положительную роль также оказывает МК 06205. Он способствует прочному связыванию влаги, ухудшая тем самым условия для развития микроорганизмов.

Патогенные микроорганизмы и бактерии группы кишечной палочки в исследованных образцах не обнаружены. На основании полученных результатов можно сделать вывод о высоком качестве исходного сырья и высоком санитарно-гигиеническом состоянии производства.

Данные радиометрического контроля позволили установить, что сдобные изделия из дрожжевого теста соответствуют требованиям ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции». Удельная активность цезия-137 всех исследованных образцов составила (1,6±0,2) Бк/кг, что не превышает допустимого уровня — 40 Бк/кг.

Ключевым фактором, определяющим выбор пищевого продукта потребителем, является органолептическая оценка. Органолептическую оценку качества сдобной булочки «Весенняя» проводили балльным методом. Каждый показатель оценивали по пятибалльной шкале, после чего определяли общий балл с учетом коэффициентов весомости (форма — 2,8, цвет корки — 1,1, поверхность — 1,2, состояние мякиша — 3,4, структура пористости — 2,3, аромат (запах) — 3,8, вкус — 4,1, разжевываемость мякиша — 1,3). По результатам оценки устанавливали категорию качества: 90 баллов и более — отличное; от 75 до 90 баллов — хорошее; от 60 до 75 баллов — удовлетворительное; от 40 до 60 баллов — низкое; менее 40 баллов — неудовлетворительное.

Результаты оценки органолептических показателей качества образцов показали, что через 4 ч после выпечки сдобные булочки из дрожжевого теста характеризуются как изделия отличного качества. Цвет корки контрольного образца светло-коричневый; поверхность — достаточно гладкая, матовая; фор-



ма — правильная, округлая, не расплывшаяся, формоустойчивость хорошая; мякиш мягкий, пропеченный, эластичный, не влажный на ощупь, без следов непромеса, хорошо разжевывается; пористость равномерная средняя и мелкая, тонкостенная; запах и вкус — выраженные, приятные, свойственные сдобным дрожжевым изделиям (итоговый балл с учетом коэффициентов весомости — 92,7). Образцы булочки «Весенняя» по качеству не уступают контрольному образцу или превосходят его, за исключением состояния поверхности, которая сохраняется достаточно гладкой, матовой, но на ней появляются едва заметные мелкие трещины. Общий балл данных образцов составляет 96,2.

После 24 ч хранения качество упакованных изделий практически не изменялось (во время дегустации отмечено незначительное ослабление аромата). У образца без упаковки интенсивность аромата снижается больше и составляет 4,4 балла. В итоге при хранении в течение 24 ч качество сдобной булочки «Весенняя» снижается на 0,7 (упакованная) и 2,3 (неупакованная) балла и составляет 95,5 и 93,9 баллов соответственно, что характеризует уровень качества как «отличное». Контрольный образец за это время теряет 6 баллов (86,7 балла — «хорошее» качество). Это во многом обусловлено снижением интенсивности вкуса и аромата, появлением незначительных трещин на поверхности.

Качество булочных изделий после 48 ч хранения характеризуется следующими значениями: 75,1 балла у контрольного образца, 86,8 балла — у неупакованного образца и 89,1 балла — у булочки «Весенняя» в упаковке, что соответствует категории качества «хорошее». У контрольного образца наблюдается ухудшение состояния мякиша, который теряет первоначальную эластичность и становится грубоватым при разжевывании, вкус и аромат — недостаточно выраженные. У булочки «Весенняя», хранившейся 48 ч как без упаковки, так и в упаковке, отмечено снижение интенсивности вкуса и аромата, мякиш становится слегка суховатым при разжевывании (у образца без упаковки мякиш также становится менее эластичным — 4,6 балла).

Значительные изменения качества наблюдаются после 72 ч хранения изделий. У сдобной булочки «Весенняя», хранившейся в неупакованном виде, аромат становится слабовыраженным (3 балла), вкус — недостаточно выраженным (3,6 балла), а мякиш при разжевывании — суховатым и слегка огрубевшим (3,6 балла). Упакованные изделия претерпевают меньшие изменения: мякиш становится менее эластичным, но сохраняет мягкость, а при разжевывании появляется ощущение его сухости; вкус и аромат незначительно ухудшаются по сравнению с показателями после 48 ч хранения, но при этом характеризуются как достаточно выраженные (3,6–3,8 балла). Таким образом, уровень качества неупакованных изделий остается хорошим (78,3 балла), а хранившихся в упаковке переходит из категории «отличное» в «хорошее» (82,6 балла).

Через 72 ч хранения общая балльная оценка качества контрольного образца составляет 60,4 балла («удовлетворительное качество»). На поверхности изделий появляется больше микротрещин и она становится сухой на ощупь, наблюдается незначительное отслоение мякиша от корки. Мякиш приобретает заметную грубость и начинает крошиться. Аромат у контрольного образца невыраженный, слегка посторонний (2,2 балла), а вкус — слабовыраженный (2,8 балла).

Таким образом, на основании балльной оценки качества сдобных булочных изделий из дрожжевого теста в процессе хранения можно сделать вывод, что хранение сдобной булочки (контрольный образец) более 24 ч нецелесообразно, так как в дальнейшем наблюдается значительное ухудшение ее качества. Внедрение разработанной технологии производства булочки «Весенняя» позволяет увеличить срок годности изделий до 48 ч при хранении в неупакованном виде и до 72 ч при хранении в упаковке. При этом качество булочки «Весенняя» выше качества булочки «Школьная», которая хранилась 24 ч.

Так как технология производства булочки «Весенняя» предусматривает внесение комплексной пищевой добавки, содержащей аскорбиновую кислоту, особое внимание было уделено определению содержания витамина С в готовых изделиях во время хранения. Результаты исследования представлены в табл. 3.

Таблица 3. Содержание витамина С в сдобных булочных изделиях из дрожжевого теста в процессе хранения, мг%

Table 3. The vitamin C content in rich bakery products from yeast dough during storage, mg%

| Срок хранения, ч | Наименование образца |                    |            |
|------------------|----------------------|--------------------|------------|
|                  | булочка «Школьная»   | булочка «Весенняя» |            |
|                  |                      | без упаковки       | в упаковке |
| 4                | 0,14±0,01            | 12,68±0,16         | 12,70±0,27 |
| 24               | 0,12±0,01            | 12,53±0,12         | 12,52±0,31 |
| 48               | 0,08±0,01            | 11,48±0,22         | 11,34±0,20 |
| 72               | 0,05±0,01            | 9,80±0,36          | 9,72±0,18  |



Как видно из данных табл. 3, содержание витамина С в сдобной булочке «Весенняя» составляет 12,7 мг% через 4 ч после выпечки, что удовлетворяет 21,2 % средней суточной потребности взрослого человека в витамине при употреблении 100 г продукта.

При хранении наблюдается частичное разрушение витамина С в результате окислительных реакций. Через 24 ч хранения булочки «Весенняя» содержание витамина С снижается в среднем на 1,1–1,4 %. Большие потери витамина С отмечаются у образцов после 48 и 72 ч хранения. Они составляют 9,5–10,7 и 22,7–23,5 % соответственно. При употреблении 100 г булочки «Весенняя» после 72 ч хранения обеспечивается более 16 % средней суточной потребности взрослого человека в витамине С, что позволяет отнести ее к обогащенным изделиям в соответствии с действующими техническими нормативными правовыми актами Республики Беларусь [4, 5].

Изменение содержания витамина С в процессе хранения сдобной булочки «Весенняя» в упакованном и неупакованном виде описывается уравнением регрессии второго порядка:

$$C_{\text{неупак.}} = 12,68 + 0,1934X - 0,3861X^2;$$

$$C_{\text{упак.}} = 12,7 + 0,0989X - 0,3674X^2,$$

где С — содержание витамина С, мг%; X — продолжительность хранения, сутки.

Анализ динамики разрушения витамина С в образцах сдобной булочки «Весенняя», хранившихся в упакованном и неупакованном виде, свидетельствует об отсутствии существенного влияния упаковки на сохранность витамина. Наблюдавшееся ускорение деградации витамина С в упакованной сдобной булочке по сравнению с неупакованным образцом можно объяснить более высокой влажностью изделий, так как в водных растворах разрушение витамина С ускоряется.

На основании результатов математической обработки данных об изменении содержания витамина С в процессе хранения сдобной булочки, можно сделать вывод, что после 72 ч хранения булочки «Весенняя» степень удовлетворения средней суточной потребности взрослого человека в витамине С при употреблении 100 г продукта составит не менее 15 %.

Результаты определения содержания витамина С подтверждены данными независимой лаборатории Республиканского контрольно-испытательного комплекса по качеству и безопасности продуктов питания РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (жидкостной хроматограф «Agilent 1200») установлено, что содержание витамина С в булочке «Весенняя» через 48–72 ч после выпечки составляет 10,4 мг%.

В результате проведенного исследования были установлены следующие сроки годности сдобных булочных изделий из дрожжевого теста, обогащенных витамином С, — 48 ч для булочки «Весенняя» в неупакованном виде и 72 ч — в упакованном.

### Список использованных источников

1. Петухов, М.М. Разработка технологии булочных изделий, обогащенных витамином С / М.М. Петухов // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. — 2016. — № 5 (40). — С. 32–36.
2. Способ приготовления хлебобулочного изделия: пат. BY 21753 / М.М. Петухов, З.В. Василенко, П.А. Ромашихин, Е.В. Коляда. — Оpubл. 30.04.2018.
3. Василенко, З.В. Исследование качества булочных изделий в процессе хранения / З.В. Василенко, М.М. Петухов, Е.В. Коляда, П.А. Ромашихин // Вестн. Могилев. гос. ун-та продовольствия. — 2015. — № 2 (19). — С. 30–35.
4. Требования к обогащенным пищевым продуктам: санитарные нормы и правила : утв. М-вом здравоохранения Респ. Беларусь 29.07.2013 № 66. — Введ. 13.08.2013. — Минск, 2013. — 7 с.
5. Требования к продовольственному сырью и пищевым продуктам: санитарные нормы и правила : утв. М-вом здравоохранения Респ. Беларусь 21.07.2013 № 52. — Введ. 05.08.2013. — Минск, 2013. — 59 с.

### References

1. Petukhov M.M. Razrabotka tekhnologii bulochnykh izdeliy, obogashchennykh vitaminom C [*Development of technology for bakery products enriched with vitamin C*]. Tekhnologiya i tovarovedeniye innovatsionnykh pishchevykh produktov = Technology and commodity science of innovative food products, 2016, no. 5 (40), pp. 32–36.

2. Petukhov M.M., Vasilenko Z.V., Romashikhin P.A., Kolyada E.V. Sposob prigotovleniya khlebobulochnogo izdeliya [*The method of preparation of a bakery product*]. Patent RB, no 21753, 2018.
3. Vasilenko Z.V., Petukhov M.M., Kolyada E.V., Romashikhin P.A. Issledovanie kachestva bulochny'x izdelij v processe xraneniya [*Research of the quality of bakery products during storage*]. Vestnik Mogilevskogo gosudarstvennogo universiteta prodovol'stviya = Bulletin of the Mogilev State University of Food, 2015, no. 2 (19), pp. 30–35.
4. Sanitarnyye normy i pravila Ministerstva zdravookhraneniya Respubliki Belarus' no 66 ot 29.07.2013. Trebovaniya k obogashchennym pishchevym produktam [*Sanitary norms and rules Ministry of Health of the Republic of Belarus no 66 on 07/29/2013. Requirements for fortified food products*]. Minsk, 2013. 7 p.
5. Sanitarnyye normy i pravila Ministerstva zdravookhraneniya Respubliki Belarus' no 52 ot 21.07.2013. Trebovaniya k prodovol'stvennomu syr'yu i pishchevym produktam [*Sanitary norms and rules Ministry of Health of the Republic of Belarus no 52 on 07/21/2013. Requirements for food raw materials and food products*]. Minsk, 2013. 59 p.

#### Информация об авторах

*Петухов Михаил Михайлович* — кандидат технических наук, доцент кафедры товароведения продовольственных товаров, Белорусский государственный экономический университет (Партизанский пр., 26, 220070, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: lmi@mail.ru.

*Василенко Зоя Васильевна* — доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии продукции общественного питания и мясопродуктов, Могилевский государственный университет продовольствия (Шмидта пр., 3, 212027, г. Могилев, Республика Беларусь). E-mail: vasilenko-box@rambler.ru.

*Коляда Елена Владимировна* — кандидат технических наук, доцент кафедры товароведения продовольственных товаров, Белорусский государственный экономический университет (Партизанский пр., 26, 220070, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: liki.l@mail.ru.

*Пашук Светлана Васильевна* — ведущий специалист, Белтехнохлеб, Национальная академия наук Беларуси (Раковская ул., 30, 220004, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: texnolog77@mail.ru.

#### Information about authors

*Petukhov Mikhail M.* — Ph.D. (Engineering), Belarus State Economic University (26 Partizansky Ave., 220070, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: lmi@mail.ru.

*Vasilenko Zoya V.* — Ph.D. (Engineering), Mogilev State University of Food (3 Schmidt Ave., 212027, Mogilev, Republic of Belarus). E-mail: vasilenko-box@rambler.ru.

*Koliada Elena V.* — Ph.D. (Engineering), Belarus State Economic University (26 Partizansky Ave., 220070, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: liki.l@mail.ru.

*Pashuk Svetlana V.* — Leading Specialist, Beltehnobleb, the National Academy of Sciences of Belarus (30 Rakovskaya St., 220004, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: texnolog77@mail.ru.

О.К. Никулина, М.Р. Яковлева, О.В. Колоскова, О.В. Дымар

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

## **КОРРЕКЦИЯ МИНЕРАЛЬНОГО СОСТАВА ПОЛУПРОДУКТОВ САХАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОДИАЛИЗА**

**Аннотация.** Содержание минеральных веществ — один из важнейших показателей качества продукции, их количество в полупродуктах сахарного производства позволяет оценить правильность ведения процессов очистки диффузионного сока. Зольные вещества являются сильными мелассообразователями и, накапливаясь в мелассе, способствуют увеличению содержания сахара в ней и, следовательно, снижению выхода готовой продукции. 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 работы является поиск новых путей обработки полупродуктов сахарного производства для повышения эффективности переработки сахарной свеклы. Приведены результаты исследования минерального состава полупродуктов сахарного производства и влияния электродиализа на его изменение. Представлены результаты экспериментов, подтверждающие положительный эффект применения электромембранной обработки в технологии переработки сахарной свеклы.

**Ключевые слова:** очистка диффузионного сока, содержание золы, мелассообразователи, полупродукты сахарного производства, деминерализация, электродиализ, мембранные технологии

О.К. Nikulina, M.R. Yakovleva, O.V. Koloskova, O.V. Dymar

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

## **CORRECTION OF THE MINERAL COMPOSITION OF SEMI-PRODUCTS OF SUGAR PRODUCTION APPLYING ELECTRODIALYSIS**

**Abstract.** The mineral content is one of the most important indicators of product quality. It's quantity in semi-products of sugar production allows to assess the accuracy of purification of the diffusion juice. Increase in ash substances content (ash content) leads to magnification of sugar loss to molasses and reduce the yield of products. The main objective of the study is to explore effective technology which allows adjust the mineral composition of semi-products of sugar production and reduce the negative impact of ash on the sugar production process. Electrodialysis is one of the most budding and scantily explored method that allows to clean sugar solutions from electrolytes. The aim of the work is to find new path of processing semi-products of sugar production to increase the efficiency of sugar beet processing. The article presents the results of a study of the mineral composition of sugar production semi-products and the effect of electrodialysis treatment, as well as the results of experiments confirming the positive properties of electromembrane processing in sugar beet production technology.

**Keywords:** purification of diffusion juice, ash content, molasses, sugar products, demineralization, electrodialysis, membrane technologies

Содержание золы — один из важнейших показателей качества продукции. Содержание золы в белом сахаре регламентируется ГОСТ 33222-2015, а содержание золы в полупродуктах сахарного производства позволяет оценить правильность ведения процессов очистки диффузионного сока [1–3].

Зольные вещества являются сильными мелассообразователями и, накапливаясь в мелассе, способствуют увеличению содержания сахара в ней и, следовательно, снижению выхода готовой про-

дукции [4–14]. Сильные мелассообразователи увеличивают растворимость сахарозы и уменьшают вязкость мелассы, способствуя увеличению технологических потерь сахара в производстве. Сильными мелассообразователями являются легко диссоциирующие соединения, такие как КОН, NaOH,  $K_2CO_3$ ,  $CH_3COOK$ , KCl, NaCl [15].

С щелочными металлами калия и натрия сахароза образует комплексные соединения, из которых она труднее кристаллизуется, что и приводит к образованию мелассы. Считается, что одна часть катионов калия и натрия удерживает в мелассе 5 частей сахарозы [15].

Одним из мероприятий, позволяющих снизить чистоту мелассы и как следствие потери сахара, является замена сильных мелассообразователей, таких как катионы калия и натрия, на менее сильные, например катионы кальция и магния. Такой способ дает возможность снизить чистоту мелассы на 4–5 % и, соответственно, уменьшить потери в ней сахара на 0,4–0,5 % к массе свеклы [15]. Потери сахара при снижении чистоты мелассы на 1 % уменьшаются примерно на 0,1 %, а с повышением чистоты диффузионного сока на 1 % — примерно на 0,15 % к массе свеклы [16, 17].

Применяемые в настоящее время за рубежом комбинированные схемы, сочетающие известково-углекислотную очистку сока с дальнейшей его обработкой ионообменными смолами [18], позволяют значительно увеличить эффект очистки сока, но имеют определенные недостатки:

- ♦ высокий расход реагентов;
- ♦ необходимость частых регенераций ионитов, после которых образуется большое количество агрессивных сточных вод [19].

В последние десятилетия проводились исследования по выявлению возможности использования мембранной технологии для очистки ряда продуктов сахарного производства: диффузионного сока, очищенного сока, сиропа, растворов мелассы. Преимущество данной технологии состоит в том, что она проводится без добавления химических реагентов [11].

Наиболее перспективным для изучения в настоящее время является метод разделения поликомпонентных систем при помощи мембранных технологий, которые представлены баромембранными и электроомембранными процессами: микрофильтрация, ультрафильтрация, нанофильтрация, обратный осмос, электродиализ [20]. Обработка растворов с помощью мембранных методов требует значительно меньшего расхода реагентов, чем ионообменная подготовка, однако требует тщательной подготовки исходного раствора [21, 22]. Вышеперечисленные технологии широко применяются в различных сферах пищевого производства: в молочной промышленности, водоподготовке, очистке сточных вод, виноделии, выделении ценных компонентов из сырья и вторсырья [23].

В сахарном производстве исследования применения мембранных технологий, совместно с другими методами (известково-углекислотная очистка, использование ионитов) дали определенный положительный результат, однако повсеместного распространения не получили [12].

Наиболее подходящим методом обработки продуктов переработки сахарной свеклы с целью их деминерализации является электродиализ, который позволяет очищать полупродукты от электролитов [24].

Электродиализ является процессом переноса ионов через полупроницаемую (ионселективную) мембрану под действием электрического поля, который может проходить по градиенту концентрации и против него [25]. Главным преимуществом такого метода деминерализации растворов является то, что он происходит без применения химических реагентов. Это позволяет снизить затраты на их приобретение и последующую очистку продукта от их остатков [26]. Эффективность переноса может изменяться подбором соответствующей силы тока [20].

Основными критериями, характеризующими качество полупроницаемых мембран, являются селективность и проницаемость. Возможность задерживать различные ионы пропорциональна величине селективности мембран, а электропроводность зависит от электрических характеристик противоионов и находится в обратно пропорциональной зависимости от толщины мембран [21].

Процесс электродиализа представляет собой движение катионов к катоду, а анионов к аноду под действием постоянного электрического тока в растворе [21]. На пути движения ионов устанавливаются ионообменные мембраны, катионная и анионная, пропускающие только один вид ионов, и через поры мембран перемещаются только соответствующие ионы электролитов, а сахароза, являясь электронейтральным веществом, остается в растворе, из которого происходит удаление солей и за счет этого достигается его очистка [11].

Электродиализ обеспечивает получение продукта высокого качества путем регулирования минерального состава и кислотности до требуемых значений за счет удаления ионогенных соединений. Он не только обеспечивает корректировку физико-химических показателей, но и значительно улучшает органолептические и технологические характеристики, что облегчает дальнейшие операции вакуумного сгущения, кристаллизации и сушки [22].

Целью исследования является поиск новых путей обработки полупродуктов сахарного производства для совершенствования применяемой технологии и повышения эффективности переработки сахарной свеклы.



Основные задачи исследования:

- 1) снижение количества моновалентных ионов калия и натрия, которые являются мелассообразователями и увеличивают потери сахарозы;
- 2) снижение солей кальция, которые затрудняют уваривание утфелей, ухудшают качество сахара;
- 3) повышение чистоты полупродуктов, что будет способствовать снижению расхода известняка, используемого для получения оксида кальция и диоксида углерода для очистки сока.

Для изучения изменения зольного комплекса в процессе переработки сахарной свеклы на сахар проводились исследования полупродуктов, отобранных на ОАО «Городейский сахарный комбинат». Пробы были испытаны на содержание общей золы, калия, натрия, кальция, магния.

Процесс деминерализации проводили на лабораторной электромембранной установке Р EDR-Z с использованием мембран CMH-PES катионного типа и AMH-PES — анионного (рис. 1) с отбором дилюата (исходного раствора, из которого выделяют ионы) в определенных точках и исследованием проб.



Рис. 1. Лабораторная электродиализная установка  
Fig. 1. Laboratory electrodialysis unit

Рабочим органом в аппарате электродиализа являются ионселективные мембраны. Они подразделяются на катионообменные и анионообменные и под действием создаваемого электрического поля пропускают через себя катионы и анионы, соответственно.

В процессе электродиализа измеряли показатели pH и проводимость полупродуктов. Величина проводимости отражает степень деминерализации раствора в контрольной точке, показатель pH является одним из основных контролируемых показателей в сахарном производстве, так как низкий pH среды приводит к разложению сахарозы, поэтому данный фактор необходимо учитывать для выбора точек применения электродиализа и регулирования процесса.

Для исследования деминерализации использовали фильтрованный сок I сатурации как более щелочной, т.к. электродиализ вызывает снижение pH полупродуктов сахарного производства. Отбор и исследование образцов сока производили при следующих значениях pH: 10,9 (исходное качество); 10,5; 10,0; 9,5; 9,0; 8,5; 8,0 (остановка процесса).

В образцах сока определяли: чистоту сока, содержание золы [27], солей кальция, катионов калия и натрия [28], количество кислотных радикалов (в пересчете на молочную кислоту) (табл. 4).

По полученным результатам были рассчитаны мелассообразующий коэффициент и ожидаемые производственные показатели, такие как выход сахара, потери сахара в мелассе, чистота и выход условной мелассы (табл. 5) по уравнениям из классического метода П.М. Силина для очищенного сока [28–30].

Чистота диффузионного сока зависит от качества перерабатываемой свеклы и колеблется в интервале 86–92 %. Помимо сахарозы в диффузионный сок из свеклы переходят и другие компоненты, масс. % от содержания в свекле: высокомолекулярные соединения (ВМС) — 30, соли калия — 80, соли натрия — 60, аминный азот — 95, все моносахариды. В составе несахаров сока присутствуют

также органические кислоты с преобладанием молочной кислоты. Относительное содержание растворенных несахаров зависит от качества свеклы и в расчете на СВ раствора составляет 11–16 %.

Диффузионный сок, полученный из свеклы разного качества, по химическому составу можно разделить на три группы (табл. 1): I — хорошего качества, II — среднего качества, III — низкого качества [13].

Таблица 1. Характеристика диффузионного сока [13]  
Table 1. Characteristic of diffusion juice [13]

| Несахара                         | Количественное содержание, % к масс. свеклы |            |      |
|----------------------------------|---------------------------------------------|------------|------|
|                                  | I                                           | II         | III  |
| Общий несахар                    | 2,0                                         | 2,0–2,6    | 2,6  |
| Вещества коллоидной дисперсности | 0,4                                         | 0,4–0,8    | 0,8  |
| Пектиновые вещества              | 0,1                                         | 0,1–0,2    | 0,2  |
| Аминный азот                     | 0,025                                       | 0,025–0,04 | 0,04 |
| Редуцирующие вещества            | 0,15                                        | 0,15–0,25  | 0,25 |
| Зола                             | 0,5                                         | 0,5–0,7    | 0,7  |

Из табл. 1 можно сделать вывод, что зола составляет 25–27 % несахаров (НСХ) диффузионного сока и существенно влияет на его качество.

Многочисленные исследования качества сахарной свеклы, выращиваемой в условиях Республики Беларусь, проводимые научно-исследовательской лабораторией сахарного производства, 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.

Содержание золы в полупродуктах сахарного производства представлено в табл. 2.

Таблица 2. Содержание золы в полупродуктах сахарного производства  
Table 2. 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                                                | золы | НСХ   |                               |                              |
| Диффузионный сок               | 17,84                                             | 0,4  | 1,69  | 23,7                          | 2,2                          |
| Сок I сатурации                | 17,21                                             | 0,4  | 1,41  | 28,4                          | 2,3                          |
| Сульфитированный сок           | 17,33                                             | 0,3  | 1,25  | 24,0                          | 1,7                          |
| Оттёк утфеля I кристаллизации  | 81,00                                             | 3,7  | 12,18 | 30,4                          | 4,6                          |
| Оттёк утфеля II кристаллизации | 84,81                                             | 5,8  | 18,64 | 31,1                          | 6,8                          |
| Меласса                        | 84,21                                             | 7,7  | 27,75 | 27,7                          | 9,1                          |

Данные табл. 2 свидетельствуют о том, что зола из диффузионного сока мало удаляется в процессе его очистки.

Процентное содержание калия, натрия, кальция и магния в золе исследуемых полупродуктов приведено в табл. 3.

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 межкристаллических оттеках и мелассе (табл. 3).

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 %.

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 и их отложения на теплообменных поверхностях.

**Таблица 3. Массовая доля катионов в сырье и полупродуктах сахарного производства (% к массе золы)**  
**Table 3. Mass fraction of cations in raw materials and semi-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       |
| Оттёк утфеля I кристаллизации      | 33,7     | 5,4       | 1,7        | 0,1       |
| Оттёк утфеля II кристаллизации     | 34,7     | 5,3       | 2,0        | 0,1       |
| Меласса                            | 32,5     | 4,6       | 1,7        | 0,1       |

Катионы магния обнаруживаются в значительном количестве в диффузионном соке. Далее по процессу катионы магния не обнаружены или их количество незначительно. Исходя из этого, в исследуемых пробах определяли содержание солей кальция титриметрическим методом, характеризующее общее содержание кальция и магния.

Модельные испытания электролиза на полупродуктах сахарного производства показали, что катионы калия удаляются из них на 94,4–98,5 %. Из сока I сатурации катионы кальция удаляются на 93,6 %, из очищенного сока на 66,7 %. Чистота очищенного сока при этом повышается на 4,1 %, а сока I сатурации на 5,2 %, происходит улучшение технологических показателей.

**Таблица 4. Показатели сока I сатурации**  
**Table 4. Indicators of I saturation juice**

| Точка отбора | pH   | Проводимость, мСм | Чистота, % | Зола, % к массе сока | Соли кальция, % к массе сока | Калий, % к массе сока | Натрий, % к массе сока | Кислотные радикалы, % к массе сока |
|--------------|------|-------------------|------------|----------------------|------------------------------|-----------------------|------------------------|------------------------------------|
| 1            | 10,9 | 4,69              | 89,05      | 0,41                 | 0,068                        | 0,102                 | 0,004                  | 0,600                              |
| 2            | 10,5 | 2,84              | 91,09      | 0,22                 | 0,037                        | 0,055                 | 0,004                  | 0,330                              |
| 3            | 10,0 | 1,57              | 94,09      | 0,11                 | 0,017                        | 0,029                 | 0,004                  | 0,194                              |
| 4            | 9,5  | 0,89              | 95,12      | 0,06                 | 0                            | 0,015                 | 0,002                  | 0,147                              |
| 5            | 9,0  | 0,46              | 96,09      | 0,02                 | 0                            | 0,006                 | 0,002                  | 0,063                              |
| 6            | 8,5  | 0,29              | 96,15      | 0,01                 | 0                            | 0,003                 | 0,002                  | 0,018                              |
| 7            | 8,0  | 0,22              | 96,34      | 0,00                 | 0                            | 0,002                 | 0,002                  | 0,023                              |

Данные табл. 4 свидетельствуют о том, что уже в 4 точке отбора, соответствующей pH 9,5, проводимость раствора снижается на 81 %, содержание золы на 85,4 %, солей кальция на 100 %, калия на 85,3 %, количество натрия снижается до своей предельной точки, кислотных радикалов на 75,5 %. Чистота сока повышается на 6,07 единиц.

Ведение процесса до pH 9,0 позволяет дополнительно удалить 14 % кислотных радикалов и повысить чистоту сока на единицу, показатели зольного комплекса меняются незначительно. Дальнейшее ведение процесса нецелесообразно.

**Таблица 5. Ожидаемые производственные показатели, рассчитанные по уравнениям из классического метода П.М. Силина**

**Table 5. Expected industrial indicators calculated by equations from the classical method of P.M. Silin**

| Точка отбора | Мелассотворный коэффициент m | Выход сахара, % к м.св. | Содержание сахара в мелассе, % к м.св. | Чистота мелассы, % | Выход условной мелассы, % к м.св. |
|--------------|------------------------------|-------------------------|----------------------------------------|--------------------|-----------------------------------|
| 1            | 0,91                         | 14,31                   | 1,79                                   | 47,4               | 4,3                               |
| 2            | 0,80                         | 14,84                   | 1,26                                   | 44,3               | 3,2                               |
| 3            | 0,76                         | 15,33                   | 0,77                                   | 43,1               | 2,0                               |
| 4            | 0,69                         | 15,53                   | 0,57                                   | 40,4               | 1,6                               |
| 5            | 0,63                         | 15,69                   | 0,41                                   | 38,4               | 1,2                               |
| 6            | 0,59                         | 15,72                   | 0,38                                   | 36,8               | 1,2                               |
| 7            | 0,59                         | 15,74                   | 0,36                                   | 36,7               | 1,1                               |

Установленное значение pH конца процесса деминерализации для сока I сатурации (9,0–9,5) соответствует значению эффективной щелочности и в нашем случае соответствует оптимальной щелочности сока II сатурации, т.к. данному значению соответствует минимум солей кальция, а точнее их количество становится ниже чувствительности метода определения.

Данные табл. 5 свидетельствуют о снижении мелассотворного коэффициента при использовании электромембранной обработки сока I сатурации на 24,2–30,8 % в диапазоне pH 9,0–9,5. Это позволяет снизить содержание сахара в мелассе на 1,22–1,38 % к массе свеклы, тем самым повышая выход сахара с 14,3 до 15,5–15,7 % к массе свеклы. При этом чистота мелассы снижается на 7–9 единиц, а выход условной мелассы на 2,7–3,1 % к массе свеклы. Для точек 6 и 7 расчетные технологические показатели меняются незначительно.

Кроме того, большой интерес представляет изменение цветности раствора в процессе электродиализа. Снижение цветности растворов вероятно из-за обесцвечивания красящих веществ (рис. 2). Экспериментально установлено, что применение электродиализа позволяет на 19,3–28,4 % снизить цветность сахарного раствора и его мутность.



Рис. 2. Образцы, отобранные для исследования процесса деминерализации  
Fig. 2. Samples selected to study the demineralization process

Таким образом, 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. В статье представлены результаты экспериментов, подтверждающие положительный эффект применения электромембранной обработки в технологии переработки сахарной свеклы.

Процесс деминерализации исследовали с помощью лабораторной электромембранной установки Р EDR-Z с использованием мембран CMH-PES катионного типа и AMH-PES — анионного. Подводя итог лабораторным исследованиям процесса деминерализации сока I сатурации можно сделать заключение, что электромембранную обработку сока целесообразно проводить до конечной проводимости 0,46–0,89 при pH 9,0–9,5.

Экспериментально установлено, что применение электродиализа также позволяет на 19,3–28,4 % снизить цветность сока. Снижение цветности сахарных растворов является важным фактором для получения сахара высокого качества, а нарастание цветности является крайне нежелательным, поэтому данная проблема требует глубокого изучения.

#### Список использованных источников

1. Чернявская, Л.И. Методы определения качества свеклы по содержанию золы / Л.И. Чернявская // Сахар. — 2007. — № 2. — С. 21–27.
2. Чернявская, Л.И. Как добиться качества сахара экспортного потенциала? / Л.И. Чернявская // Сахар. — 2017. — № 6. — С. 22–27.
3. Содержание зольных элементов в белом сахаре, методы их контроля и снижения / Л.И. Чернявская [и др.] // Сахар. — 2017. — № 11. — С. 40–47.
4. Чернявская, Л.И. Экспресс-методы оценки свеклы. Алгоритмы расчета ее основных технологических показателей / Л.И. Чернявская // Сахар. — 2006. — № 5. — С. 22–25.



5. Бугаенко, И.Ф. Анализ потерь сахара в сахарном производстве и пути их снижения / И.Ф. Бугаенко. — Курск: АП «Курск», 1994. — 128 с.
6. Сапронов, А.Р. Технологии сахарного производства / А.Р. Сапронов — М. : Колос, 1999. — 494 с.
7. Очистка диффузионного сока в сахарном производстве / З.В. Ловкис [и др.]; под общ. ред. З.В. Ловкиса. — Минск: Беларуская навука, 2013. — 232 с. — (Настольная книга производственника).
8. Содержание сахара в мелассе. Оптимизация режима кристаллизации сахарозы на последнем продукте / З.В. Ловкис [и др.]; под общ. ред. З.В. Ловкиса. — Минск: Беларуская навука, 2014. — 97 с. — (Настольная книга производственника).
9. Никулина, О.К. Влияние качества сырья на процесс кристаллизации сахарозы / О.К. Никулина, В.В. Кулаковский // Пищевая промышленность: наука и технологии. — № 1(35), 2017. — С. 47–53.
10. Причины технологических отклонений в сахарном производстве, методы их устранения / З.В. Ловкис [и др.]; под общ. ред. З.В. Ловкиса. — Минск : ИВЦ Минфина, 2016. — 168 с.
11. Бугаенко, И.Ф. Принципы эффективного сахарного производства / И.Ф. Бугаенко — М. : ООО «Инмашпроект», 2003. — 285 с.
12. Бугаенко, И.Ф. Основы сахарного производства / И.Ф. Бугаенко — М. : Международная Сахарная Компания, 2002. — 357 с.
13. Сапронов, А.Р. Технология сахара песка и сахара рафинада / А.Р. Сапронов, Л.А. Сапронова. — М.: Колос, 1996. — 367 с.
14. Бугаенко, И.Ф. Повышение эффективности очистки диффузионного сока / И.Ф. Бугаенко. — М.: АгроНИИТЭИПП, 1993. — Вып. 5–6. — 47 с.
15. Бугаенко, И.Ф. Общая технология отрасли: Научные основы технологии сахара: Учебник для студентов вузов / И.Ф. Бугаенко, В.И. Тужилкин. Ч.1. — СПб. : ГИОРД, 2007. — 512 с.
16. Бобровник, Л.Д. Роль гидратации в мелассообразовании / Л.Д. Бобровник // Сахар. — 2015. — № 6. — С. 54–58.
17. Потери сахарозы в свеклосахарном производстве и пути их снижения / Н.Г. Кульнева [и др.] // Сахар. — 2011. — № 2. — С. 42–46.
18. Иониты для глубокой деминерализации и обесцвечивания сока II сатурации / С.Л. Филатов [и др.] // Сахар. — 2011. — № 2. — С. 47–49.
19. Поворов, А.А. Мембранная технология в сахарной промышленности / А.А. Поворов, Р.Г. Давыдова, Ю.В. Фомин // Сахар. — 2003. — № 1. — С. 36–43.
20. Ильина, С.И. Электромембранные процессы: учебное пособие / С.И. Ильина — М.: РХТУ им. Менделеева, 2013. — 57 с.
21. Дорофеева, Л.И. Разделение и очистка веществ мембранными, обменными и электрохимическими методами / Л.И. Дорофеева. — Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. — 111 с.
22. Дымар, О.В. Повышение эффективности переработки молочных ресурсов: научно-технологические аспекты / О.В. Дымар. — Минск : Колорград, 2018. — 236 с.
23. Дымар, О. В. Альтернативные варианты переработки сыворотки / О.В. Дымар // Молочная промышленность. — 2006. — № 6. — С. 16–17.
24. Возможности совершенствования технологии переработки сахарной свеклы с использованием электродиализа / О.В. Дымар [и др.] // Научно-техническое обеспечение эффективности и качества производства продукции АПК : Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию ВНИИПП (Ржавки, 2019). — С. 106–110.
25. Дымар, О.В. Изучение взаимосвязи скорости деминерализации кислой сыворотки от изменения напряжения процесса. / О.В. Дымар, М.Р. Яковлева, А. Меркель // Пищевая промышленность: наука и технологии. — 2019. — № 3. — С. 74–79.
26. Миклух, И.В. Использование мембранных методов для обработки мелассы молочной / И.В. Миклух, О.В. Дымар, А.П. Райский // Повышение уровня и качества биогенного потенциала в животноводстве : Сборник научных трудов по материалам II международной научно-практической конференции (Ярославль, 21-22 сентября 2016). — С. 62–66.
27. Чернявская, Л.И. Методы определения качества свеклы по содержанию золы / Л.И. Чернявская // Сахар. — 2007. — № 4. — С. 12–18.
28. Методы оценки технологических качеств сахарной свеклы с использованием показателей содержания калия, натрия и  $\alpha$ -аминного азота, определенных в свекле и продуктах ее переработки / В.Н. Кухар [и др.] // Сахар. — 2019. — № 1. — С. 18–36.
29. Чернявская, Л.И. Методы оценки качества свеклы, основанные на ее лабораторной переработке / Л.И. Чернявская // Сахар. — 2006. — № 4. — С. 19–24.
30. Чернявская, Л.И. Методы оценки качества сахарной свеклы как сырья для получения сахара / Л.И. Чернявская // Сахар. — 2006. — № 3. — С. 40–45.

## References

1. Chernyavskaya L.I. Metody opredeleniya kachestva svekly po zol'nosti [*Methods for determining the quality of beets by ash content*]. Sakhar = Sugar, 2007, no. 2, pp. 21–27 (in Russian).
2. Chernyavskaya L.I. Kak realizovat' eksportnyy potentsial kachestva sakhara? [*How to achieve sugar quality export potential?*]. Sakhar = Sugar, 2017, no. 6, pp. 22–27 (in Russian).
3. Chernyavskaya L.I. Soderzhaniye zol'nykh elementov v belom sakhare, metody ikh kontrolya i vosstanovleniya [*The content of ash elements in white sugar, methods for their control and reduction*]. Sakhar = Sugar, 2017, no. 11, pp. 40–47 (in Russian).
4. Chernyavskaya L.I. Ekspress metody otsenki svekly. Algoritmy rascheta yego osnovnykh tekhnologicheskikh pokazateley [*Express methods for evaluating beets. Algorithms for calculating its main technological indicators*]. Sakhar = Sugar, 2006, no. 5, pp. 22–25 (in Russian).
5. Bugaenko I.F. Analiz poter' sakhara pri proizvodstve sakhara i puti ikh snizheniya [*Analysis of sugar losses in sugar production and ways to reduce them*]. Kursk, AP Kursk, 1994, 128 p. (in Russian).
6. Sapronov A.R. Tekhnologiya proizvodstva sakhara [*Technology of sugar production*]. Moscow, Kolos, 1999, 494 p. (in Russian).
7. Lovkis Z.V. Ochistka diffuzionnogo soka pri proizvodstve sakhara [*Purification of diffusion juice in sugar production*]. Minsk, Belaruskaya navuka, 2013, 232 p. (in Russian).
8. Lovkis Z.V. Soderzhaniye sakhara v patoke. Optimizatsiya rezhima kristallizatsii sakharozy na poslednem produkte [*Sugar content in molasses. Optimization of sucrose crystallization mode on the last product*]. Minsk, Belaruskaya navuka, 2014, 97 p. (in Russian).
9. Nikulina O.K., Kulakovsky V.V. Vliyaniye kachestva syr'ya na protsess kristallizatsii sakharozy [*Influence of the quality of raw materials on the process of sucrose crystallization*]. Pischevaya promyshlennost: nauka i tekhnologii = Food industry: science and technology, 2017, no. 1 (35), pp. 47–53 (in Russian).
10. Lovkis Z.V. Prichiny tekhnologicheskikh otkloneniy v proizvodstve sakhara, metody ikh ustraneniya [*Causes of technological deviations in sugar production, methods for their elimination*]. Minsk, Information Center of the Ministry of Finance, 2016, 168 p. (in Russian).
11. Bugaenko I.F. Printsipy effektivnogo proizvodstva sakhara [*The principles of effective sugar production*]. Moscow, Inmashproekt LLC, 2003, 285 p. (in Russian).
12. Bugaenko I.F. Osnovy sakhnogo proizvodstva [*Fundamentals of sugar production*]. Moscow, International Sugar Company, 2002, 357 p. (in Russian).
13. Sapronov A.R. Tekhnologiya sakhara i rafinirovannogo sakhara [*Technology of sugar and refined sugar*]. Moscow, Kolos, 1996, 367 p. (in Russian).
14. Bugaenko I.F. Povysheniye effektivnosti ochistki diffuzionnogo soka [*Improving the efficiency of cleaning diffusion juice*]. Moscow, AgroNIITEIPP, 1993, 47 p. (in Russian).
15. Bugaenko I.F. Obshchepromyshlennyye tekhnologii: Nauchnyye osnovy sakhnogo tekhnologii: Uchebnik dlya studentov vuzov [*General industry technology: Scientific foundations of sugar technology: Textbook for university students*]. St. Petersburg, GIOR, 2007, 512 p. (in Russian).
16. Bobrovnik L.D. Rol' gidratatsii u patoki [*The role of hydration in molasses*]. Sakhar = Sugar, 2015, no. 6, pp. 54–58 (in Russian).
17. Kulneva N.G. Poterya sakharozy pri proizvodstve sakhnogo svekly i puti ikh snizheniya [*Loss of sucrose in sugar beet production and ways to reduce them*]. Sakhar = Sugar, 2011, no. 2, pp. 42–46 (in Russian).
18. Filatov S.L. Ionity dlya glubokoy demineralizatsii i obestsvechivaniya sokov II saturatsii [*Ionites for deep demineralization and discoloration of juice II saturation*]. Sakhar = Sugar, 2011, no. 2, pp. 47–49 (in Russian).
19. Povorov A.A., Davydova R.G., Fomin Yu.V. Membrannyye tekhnologii v sakhnogo promyshlennosti [*Membrane technology in the sugar industry*]. Sakhar = Sugar, 2003, no. 1, pp. 36–43 (in Russian).
20. Ilyina S.I. Elektromembrannyye protsessy: uchebnoye posobiye [*Electro-membrane processes: a training manual*]. Moscow, RCTU them. Mendeleev, 2013, 57 p. (in Russian).
21. Dorofeeva L.I. Razdeleniye i ochistka veshchestv membrannym, obmennym i elektrokhimicheskimi metodami [*Separation and purification of substances by membrane, exchange and electrochemical methods*]. Tomsk, Publishing House of Tomsk Polytechnic University, 2008, 111 p. (in Russian).
22. Dymar O.V. Povysheniye effektivnosti pererabotki molochnykh resursov: nauchnyye i tekhnologicheskiye aspekty [*Improving the efficiency of processing dairy resources: scientific and technological aspects*]. Minsk, Kolodgrad, 2018, 236 p. (in Russian).
23. Dymar O.V. Al'ternativnyye varianty obrabotki syvorotki [*Alternative whey processing options*]. Molochnaya promyshlennost = Dairy industry, 2006, no. 6, pp. 16–17 (in Russian).
24. Dymar O.V. Vozmozhnosti sovershenstvovaniya tekhnologii pererabotki sakhnogo svekly s pomoshch'yu elektrodializa [*Opportunities for improving the technology of sugar beet processing using electrodialysis*]. Nauchno-tekhnicheskoye obespecheniye effektivnosti i kachestva proizvodstva produktsii APK: Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 90-letiyu VNIIPP [*Scientific*

*and technical support for the efficiency and quality of agricultural production: Materials of the international scientific and practical conference dedicated to the 90th anniversary of VNIIPP*. Rzhavki, 2019, pp. 106–110 (in Russian).

25. Dymar O.V. Yakovleva M.R., Merkel A. Izucheniye vzaimosvyazi skorosti demineralizatsii kisloy syvorotki s izmeneniyami tekhnologicheskogo napryazheniya [*The study of the relationship of the rate of demineralization of acidic serum from changes in the process voltage*]. Pischevaya promyshlennost: nauka i tehnologii = Food industry: science and technology, 2019, pp. 74–79 (in Russian).
26. Miklukh I.V., Dymar O.V., Raisky A.P. Primeneniye membrannykh metodov dlya pererabotki patoki moloka [*The use of membrane methods for the processing of molasses milk*]. Povysheniye urovnya i kachestva biogennogo potentsiala v zhivotnovodstve [*Improving the level and quality of nutrient potential in livestock*]. Minsk, 2016, pp. 62–66 (in Russian).
27. Chernyavskaya L.I. Metody opredeleniya kachestva svekly po zol'nosti [*Methods for determining the quality of beets by ash content*]. Sakhar = Sugar, 2007, no. 4, pp. 12–18 (in Russian).
28. Kuhar V.N. Metody otsenki tekhnologicheskikh kachestv sakharnoy svekly s ispol'zovaniyem pokazateley soderzhaniya kaliya, natriya i  $\alpha$ -aminnogo azota, opredelyayemykh v svekly i produktakh yeye pererabotki [*Methods for assessing the technological qualities of sugar beets using indicators of the content of potassium, sodium and  $\alpha$ -amine nitrogen determined in beets and products of its processing*]. Sakhar = Sugar, 2019, no. 1, pp. 18–36 (in Russian).
29. Chernyavskaya L.I. Metody otsenki kachestva svekly na osnove yeye laboratornoy obrabotki [*Beet quality assessment methods based on its laboratory processing*]. Sakhar = Sugar, 2006, no. 4, pp. 19–24 (in Russian).
30. Chernyavskaya L.I. Metody otsenki kachestva sakharnoy svekly kak syr'ya dlya proizvodstva sakhara [*Methods for assessing the quality of sugar beets as raw materials for sugar production*]. Sakhar = Sugar, 2006, no. 3, pp. 40–45 (in Russian).

#### Информация об авторах

*Никулина Оксана Константиновна* — 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.

*Яковлева Мария Романовна* — инженер-технолог 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.

*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.

*Дымар Олег Викторович* — доктор технических наук, доцент, главный научный сотрудник отдела технологий продукции из корнеклубнеплодов РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: dymarov@tut.by.

#### Information about authors

*Nikulina Oksana K.* — The 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

*Yakovleva Maryia R.* — engineer-technologist 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.

*Koloskova Olga V.* — candidate of technical sciences, 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

*Dymar Oleg V.* — ing., Ph.D, D.E.Sc., Professor, Chief 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). E-mail: dymarov@tut.by.

УДК 664.951

Поступила в редакцию 02.04.2020  
Received 02.04.2020**И.В. Бубырь<sup>1</sup>, З.В. Ловкис<sup>2</sup>**<sup>1</sup>Учреждение образования «Полесский государственный университет»,

г. Пинск, Республика Беларусь

<sup>2</sup>РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию»,

г. Минск, Республика Беларусь

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ  
ПОЛИКОМПОНЕНТНОЙ ВАРЕНО-КОПЧЕНОЙ ПРОДУКЦИИ ИЗ  
МОРСКОЙ РЫБЫ**

**Аннотация.** Одной из существенных проблем современного мира является проблема обеспечения населения продуктами питания. Рыба и морепродукты — важнейшие компоненты пищи человека. Обеспечение населения рыбными продуктами является важной задачей экономики любой страны, так как пищевая ценность рыбы колоссальна: в ней содержится много белков, жиров, макро- и микроэлементов, витаминов. Для большей части мирового населения рыбные продукты являются традиционной и любимой пищей. Вот почему имеются высокие потенциальные возможности расширения рынка рыбной продукции.

В данной статье представлена разработка технологии производства поликомпонентной варено-копченой продукции из морской рыбы с использованием растительного сырья — моркови, с учетом оптимизации параметров технологического процесса на каждом этапе. Установлено, что дополнительное сырье растительного и животного происхождения положительно влияет на органолептические показатели готовой продукции.

**Ключевые слова:** горячее копчение, растительное сырье, рыба, безопасность, качество

**I.V. Bubyr<sup>1</sup>, Z.V. Lovkis<sup>2</sup>**<sup>1</sup>UO «Polessky State University», Pinsk, Republic of Belarus<sup>2</sup>RUE «Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Food», Minsk, Republic of Belarus**USE OF PLANT MATERIALS IN THE DEVELOPMENT  
OF POLICOMPONENT SMOKED PRODUCTS FROM OF SEA FISH**

**Abstract.** One of the significant problems of the modern world is the problem of providing the population with food. Fish and seafood are the most important components of human food. Providing the population with fish products is an important task of the economy of any country, since the nutritional value of fish is enormous: it contains a lot of proteins, fats, macro- and microelements, vitamins. For most of the global population, fish products are traditional and favorite food. That is why there are high potential for expanding the fish product market.

This article presents the development of a technology for the production of multicomponent cooked-smoked products from sea fish using vegetable raw materials — carrots, taking into account the optimization of the process parameters at each stage. It was found that additional raw materials of plant and animal origin positively affect the organoleptic characteristics of the finished product.

**Keywords:** hot smoked, vegetable raw materials, fish, safety, quality

В условиях рыночной экономики перед пищевой промышленностью стоят задачи увеличения объемов производства готовой продукции за счет освоения новых технологий, расширения ассортимента продуктов питания на основе поликомпонентных составов, повышения их качества и снижения стоимости для удовлетворения потребностей населения в продукции с высокой пищевой ценностью.

Рыба и продукты ее переработки занимают значительное место в питании человека. Их ценность, в первую очередь определяется наличием в составе большого количества полноценных белков, со-



держащих все необходимые аминокислоты. Также, имеют значение содержащиеся в них жиры, витамины и минеральные вещества.

В последние годы покупательский спрос на рыбную продукцию достаточно нестабилен, что связано с высокими требованиями, предъявляемыми потребителем к продуктам питания, а также достаточно постоянным ассортиментом рыбных товаров, предлагаемым перерабатывающими предприятиями. Так, рынок нашей страны представлен следующим ассортиментом рыбной продукции: свежая, охлажденная и мороженная рыба; соленая, маринованная рыбная продукция и пресервы; сушеная, вяленая, копченая рыба; рыбные консервы; кулинарная продукция из рыбы и т.д.

Продукция, законсервированная с помощью высоких или низких температур, часто выпускается в неразделанном виде, в связи с чем, перед потребителем возникают трудности, связанные с ее разделкой и очисткой, доведением до готовности, что также может являться причиной снижения покупательского спроса на данные товары.

Всвязи с ускоренным ритмом жизни человека и отсутствием возможности размеренного питания, возникает необходимость создания продуктов, удобных в использовании, не требующих дополнительной кулинарной обработки и навыков приготовления, а также продуктов, способных обеспечить организм человека ценными в питании макро- и микронутриентами, энергией.

Поэтому, для более полного удовлетворения покупательского спроса на рыбные товары, соответствия современным тенденциям в технологии производства продуктов питания, а также расширения ассортимента рыбной продукции, целесообразно освоить производство поликомпонентной продукции, в том числе и варено-копченой. Используя разнообразное сырье животного и растительного происхождения можно варьировать пищевую ценность готовой продукции, с учетом потребительских предпочтений.

Выпуск поликомпонентной варено-копченой продукции — новое направление для рыбоперерабатывающих предприятий Республики Беларусь, так как производство копченой рыбы осуществляется по традиционным технологиям, и готовая продукция часто имеет низкие органолептические показатели (цвет, вкус, аромат, консистенция), в зависимости от способа копчения. Поэтому особую актуальность в настоящее время приобретают разработки, направленные на совершенствование рецептурного сырьевого состава и существующего технологического процесса.

С учетом выше изложенного представляется актуальной и целесообразной разработка варено-копченой поликомпонентной продукции, где в сочетании с двумя видами рыбного сырья используется сырье растительного происхождения, что позволит расширить ассортимент готовой варено-копченой продукции, а внедрение данной технологии в промышленное производство обеспечит повышение конкурентоспособности отечественной продукции, расширит ее рынки сбыта.

Цель настоящей работы — разработка научно обоснованной технологии производства варено-копченой поликомпонентной продукции из морской рыбы с использованием дополнительного растительного сырья, с высокими потребительскими качествами.

Объектами исследования в данной работе являлись: основное сырье — горбуша (*Oncorhynchus gorbuscha*), хек (*Merluccius bilinearis*), соответствующие ГОСТ 32366-2013 [1]; растительное сырье, а также изготовленная варено-копченая поликомпонентная продукция из морской рыбы.

Предмет исследования — технология производства и закономерности формирования потребительских характеристик варено-копченой поликомпонентной продукции из морской рыбы с использованием дополнительного растительного сырья.

Для испытаний качества сырья, полуфабриката и готовой продукции, применяли органолептические, физико-химические и микробиологические методы контроля с использованием стандартных и общепринятых методик [2, 3, 4].

Для исследования взаимодействия различных факторов, влияющих на процесс горячего копчения продуктов из морской рыбы, использовали математические методы планирования. Для оптимизации процесса проведения исследований использовали полную квадратичную модель и центральное композиционное ротатабельное униформпланирование, с реализацией полного факторного эксперимента типа 2<sup>2</sup>.

Результаты экспериментальных исследований подвергали статистической обработке методами регрессионного анализа, реализованного с помощью стандартных пакетов программ STATISTIRA 10 RU for Windows. Повторность опытов установлена методами статистического анализа и являлась трехкратной.

Изучив пищевую ценность копченой рыбы [5], можно утверждать, что это полноценный пищевой белковый продукт, содержащий незаменимые аминокислоты, полиненасыщенные жирные кислоты, минералы и витамины. Но для оптимизации химического состава готового продукта, улучшения его реологических, органолептических характеристик можно при производстве сочетать не один, а не-

сколько видов рыбы, с использованием дополнительного сырья, как животного, так и растительно-го происхождения.

Растительное сырье является источником пищевых волокон, принимающих активное участие в обменных процессах и пищеварении. Например, овощи обладают приятным вкусом и ароматом, имеют красивую разнообразную окраску, благодаря чему широко используются в пищевой промышленности при производстве различной продукции. Они богаты углеводами (крахмалом, сахарами, пектиновыми веществами, клетчаткой и др.) и, безусловно, витаминами — в овощах содержится почти весь набор витаминов, за исключением  $B_{12}$  и D. Овощи — главные поставщики минеральных веществ, и, в основном, относятся к низкокалорийным продуктам.

Нами в процессе горячего копчения были исследованы кабачки, капуста белокочанная, лук репчатый и порей, перец сладкий, корень петрушки, сельдерей, морковь красная. Несмотря на то, что по вкусоароматическим показателям они хорошо сочетаются с рыбным сырьем, для горячего копчения была выбрана морковь, которая прекрасно сохранила форму и упругую консистенцию в процессе варки паром.

Корнеплоды моркови содержат каротины, фитон, фитостерин и ликопин. В небольших количествах содержатся пантотеновая и аскорбиновая кислоты, флавоноиды, антоцианы, жирные и эфирные масла, умбеллиферон, лизин, орнитин, гистидин, цистеин, аспарагин, серин, треонин, пролин, метионин, тирозин, лейцин, а также витамины группы B, флавоновые производные и жирное масло. Содержание кальция — 233 мг/100 г, магния — 0,64 мг/100 г, фосфора — 2,17 мг/100 г [6].

Нами был исследован химический состав рыбного сырья, который представлен в табл. 1.

Таблица 1. Химический состав рыбы  
Table 1. Chemical composition of fish

| Вид рыбы | Содержание в мясе, % |         |                    |                      |
|----------|----------------------|---------|--------------------|----------------------|
|          | вода                 | жир     | азотистые вещества | минеральные вещества |
| Горбуша  | 71,1±1,2             | 6,7±0,3 | 20,9±0,6           | 1,3±0,2              |
| Хек      | 77,8±1,2             | 2,5±0,4 | 18,5±0,6           | 1,2±0,2              |

Горбуша — ценная промысловая рыба, мясо которой обладает прекрасным вкусом и по пищевой ценности не уступает другим лососевым, но по количеству жира уступает нерке или кете. Оно очень полезно благодаря своему богатому и сбалансированному составу, содержит большое количество ценного белка, полиненасыщенных жирных кислот, витаминов и минеральных элементов, таких как витамин A, C, PP, группы B, хром, фосфор, хлор, кобальт, никель, молибден, калий, натрий, сера и железо. Содержащиеся в горбуше полиненасыщенные жирные кислоты, которые называют «эликсиром молодости» — замедляют старение организма, защищают клетки, способствуют быстрой регенерации.

В филе свежего хека содержится большое количество витаминов A, E, PP,  $B_9$ ,  $B_{12}$ , C,  $B_2$ ,  $B_6$ , много железа и других микро- и макроэлементов: натрий, калий, кальций, фосфор, магний, медь, марганец, цинк, сера, молибден, кобальт.

Для предотвращения и уменьшения свертываемости белка при производстве варено-копченой продукции из морской рыбы можно применять желатин — белковый продукт животного происхождения, полученный путем вываривания в воде хрящей, костей и связок, после чего остается коллаген в чистом виде. В составе желатина присутствуют 18 аминокислот, среди которых глицин, который улучшает мозговую деятельность. Продукт способствует нормализации обменных процессов организма, укреплению сердечной мышцы, белок расходуется на строительство клеток организма, коллаген стимулирует обновление кожи. Желатин содержит: 87,2 % белка, 0,4 % жира, 0,7 % углеводов. Калорийность пищевого желатина зависит от вида сырья и в среднем составляет 355 ккал на 100 г продукта [6].

Таким образом, для производства варено-копченой поликомпонентной продукции из морской рыбы выбрано следующее сырье: горбуша, хек, морковь столовая, желатин пищевой, перец душистый молотый, соль поваренная пищевая, и в процессе входного контроля сырья было установлено его полное соответствие требованиям ТНПА:

- рыба мороженая — ГОСТ 32366-2013 [1];
- морковь столовая — ГОСТ 33540-2015 [7];
- соль поваренная пищевая — СТБ 1828-2008 [8];
- перец душистый молотый — ГОСТ 29045-91 [9];
- желатин пищевой — ГОСТ 11293-2017 [10];
- вода питьевая — СТБ 1188-99 [11], СТБ ISO 11885-2011 [12], СанПин 10-124 РБ 99 [13].

Для изготовления варено-копченой продукции из морской рыбы можно использовать мороженую рыбу или слабосоленую горбушу и хек, по качеству соответствующую требованиям технических

условий и стандартов. Поэтапное изготовление полуфабриката варено-копченой продукции представлено на рис. 1, а технологическая схема производства варено-копченой продукции — на рис. 2.



Рис. 1. Поэтапное изготовление полуфабриката варено-копченой продукции

Fig. 1. Stage production of semi-finished cooked smoked products

В технологической схеме приведены параметры и режимы, с учетом статистически обработанных полученных данных, в ходе проведения эксперимента.

Рецептура разработанной варено-копченой продукции из рыбы приведена в табл. 2.

Таблица 2. Рецепт варено-копченой продукции из морской рыбы

Table 2. Recipe cooked smoked products from marine fish

| Наименование сырья              | Масса Брутто | Масса Нетто     | % отходов |
|---------------------------------|--------------|-----------------|-----------|
| Горбуша неразделанная с головой | 1260         | 738             | 41,4      |
| Хек обезглавленный              | 280          | 206             | 26,4      |
| Морковь столовая                | 110          | 80 <sup>1</sup> | 25+3      |
| Желатин                         | 12/24        | 24              |           |
| Соль                            | 14           | 14              |           |
| Перец душистый                  | 2            | 2               |           |
| Масса полуфабриката             | —            | 1064            |           |
| Масса готового изделия          |              | 1000            |           |

Примечание — <sup>1</sup> — отварная морковь



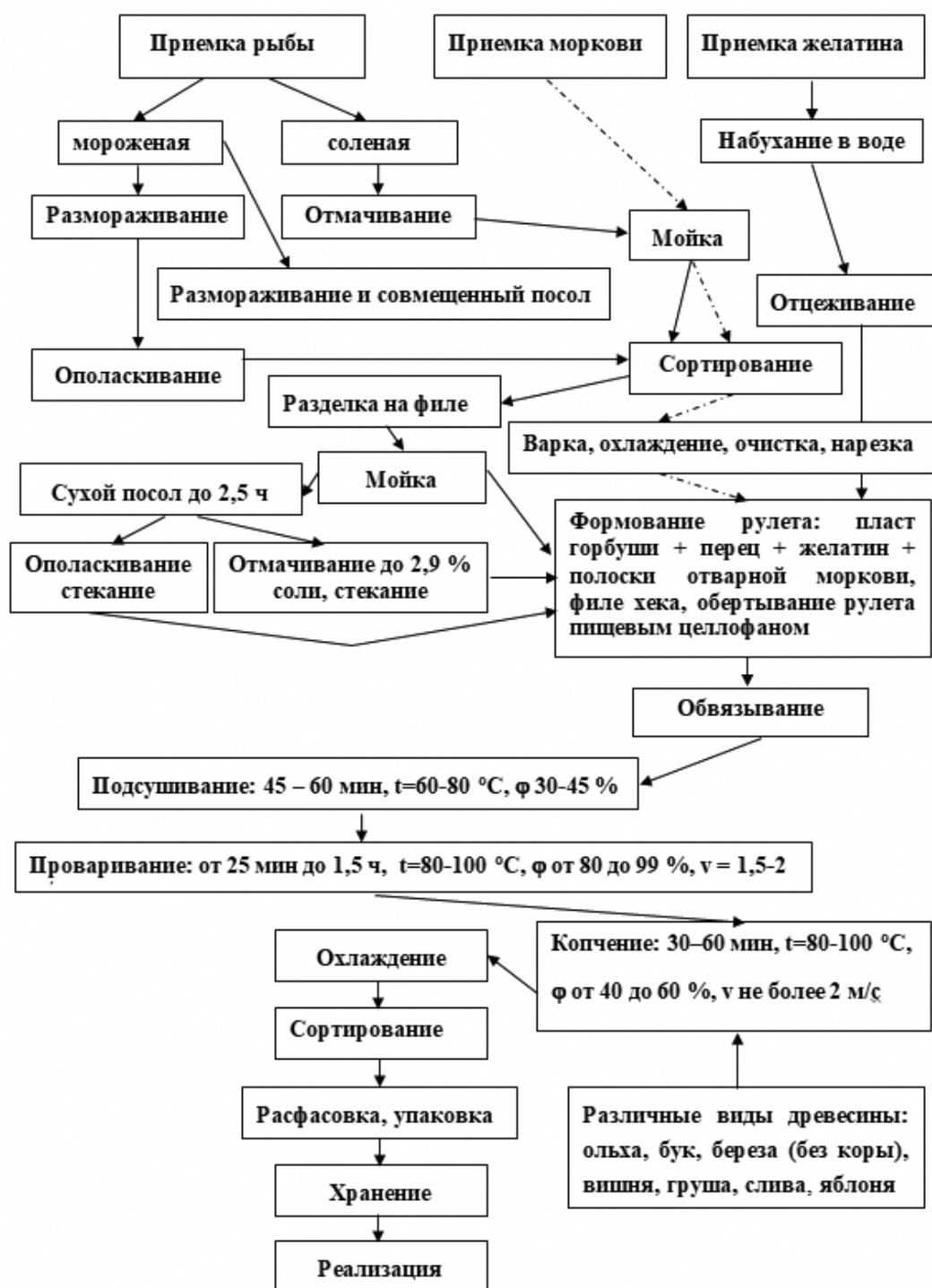


Рис. 2. Технологическая схема производства варено-копченой продукции из рыбы  
Fig. 2. Technological scheme for the production of cooked smoked fish products

Нами было исследовано влияние различных параметров технологического процесса горячего копчения на изменение массовой доли влаги в продукте, при этом в работе варьировали температуру, как фактор, оказывающий существенное влияние на обезвоживание, скорость движения и относительную влажность копильной среды, а также количество продукции, находящееся в копильной камере.

Для проведения исследований было проведено планирование эксперимента.

Условия планирования и уровни варьирования факторов приведены в табл. 3.



Таблица 3. Условия планирования эксперимента  
Table 3. Experiment planning conditions

| Уровни варьирования факторов | Исследуемый показатель |                   |
|------------------------------|------------------------|-------------------|
|                              | $X_1, ^\circ\text{C}$  | $X_2, \text{м/с}$ |
| Нижний                       | 80(-1)                 | 0,5(-1)           |
| Основной                     | 100 (0)                | 1,5 (0)           |
| Верхний                      | 120 (1)                | 2,5(1)            |
| Интервал варьирования        | 20,0                   | 1,0               |

Выбор интервалов варьирования факторов обусловлен поликомпонентным составом продукции и особенностями технологического процесса горячего копчения.

В соответствии с основными характеристиками исследуемых факторов матрица планирования эксперимента была сгенерирована на персональном компьютере с помощью программы STATISTIRA 10 RU, которая представлена в табл. 4 для одной повторности опытов. Опыты проводили в трехкратной повторности. Все технологические операции осуществляли в соответствии с разработанной технологической инструкцией и требованиями ТНПА.

Таблица 4. Матрица планирования эксперимента  
Table 4. Experiment Planning Matrix

| № опыта в одной повторности | Исследуемые факторы   |                     |                       |                     |
|-----------------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|
|                             | $X_1, ^\circ\text{C}$ |                     | $X_2, \text{м/с}$     |                     |
|                             | кодированное значение | значение показателя | кодированное значение | значение показателя |
| 1                           | -1                    | 80                  | -1                    | 0,5                 |
| 2                           | -1                    | 80                  | 1                     | 2,5                 |
| 3                           | 1                     | 120                 | -1                    | 0,5                 |
| 4                           | 1                     | 120                 | 1                     | 2,5                 |
| 5                           | -1,414                | 76                  | 0                     | 1,5                 |
| 6                           | 1,414                 | 132                 | 0                     | 1,5                 |
| 7                           | 0                     | 100                 | -1,414                | 0,3                 |
| 8                           | 0                     | 100                 | 1,414                 | 3,3                 |
| 9                           | 0                     | 100                 | 0                     | 1,5                 |
| 10                          | 0                     | 100                 | 0                     | 1,5                 |
| 11                          | 0                     | 100                 | 0                     | 1,5                 |

Подготовленный полуфабрикат подвешивали на крючья подвесной планки в копильной камере, в которую подавали копильную среду с температурой ( $X_1$ ) и скоростью движения ( $X_2$ ), которые устанавливали в соответствии с планом эксперимента. Количество загружаемого в копильную камеру полуфабриката во всех опытах было одинаково.

Затем осуществляли процесс горячего копчения полуфабриката. По окончании копчения контролировали массовую долю влаги ( $Y_1$ ).

В готовом копченном продукте контролировали сенсорные (внешний вид, форму, вкус, запах, консистенцию) и физико-химические показатели (массовую долю влаги, массовую долю жира, массовую долю поваренной соли, массовую долю белка).

Результаты эксперимента показали, что в процессе горячего копчения, все изучаемые технологические факторы оказывают влияние на массовую долю влаги в продукте после копчения ( $Y_1$ ) и являются статистически значимыми. Наиболее сильное влияние на данный показатель оказывает температура копильной среды ( $X_1$ ), менее значимый фактор — скорость движения копильного дыма ( $X_2$ ).

На рис. 3 представлена карта Парето, описывающая значимость факторов для горячего копчения поликомпонентного рыбного продукта.

Анализ карты Парето показывает, что с увеличением температуры копильной среды уменьшается массовая доля влаги, при равной продолжительности процесса.

Влияние изучаемых факторов на массовую долю влаги в варено-копченой поликомпонентной продукции, после копчения описывается следующей математической зависимостью ( $R = 0,976$ ), с коэффициентами для закодированных (как  $\pm 1$ ) уровней факторов согласно формуле (1):

$$Y_1 = 67,064 - 0,263 \times X_1 - 0,137 \times X_2 + 0,012 \times X_1 X_2, \quad (1)$$

где  $X_1$  – температура копильного дыма, °С;  $X_2$  – скорость движения копильного дыма, м/с.

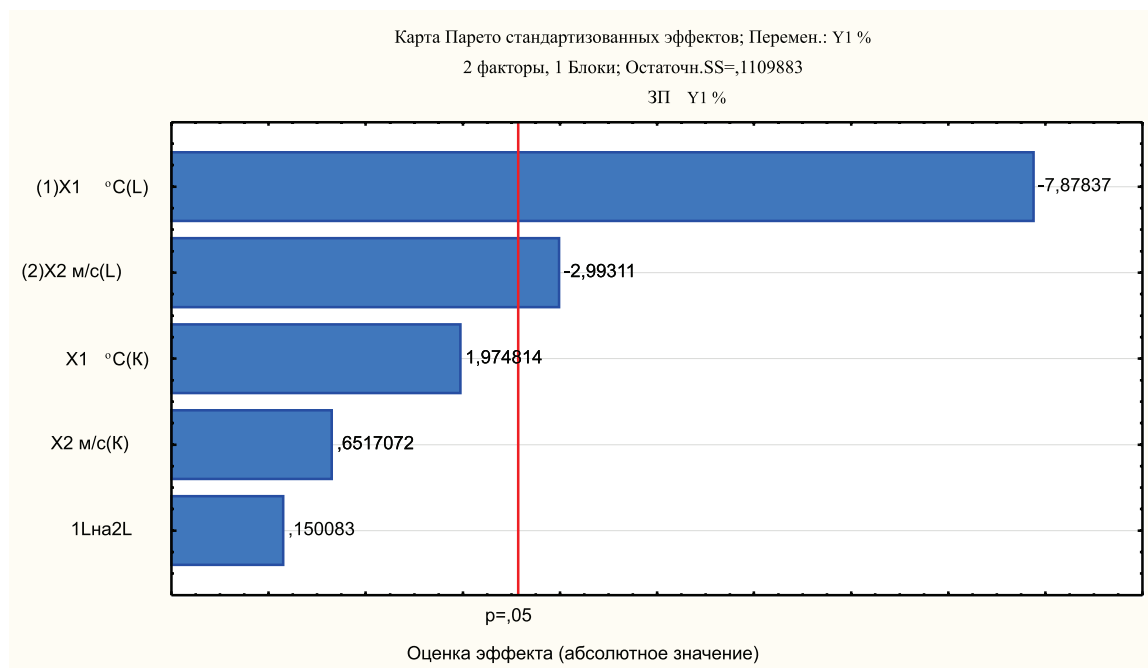


Рис. 3. Стандартизированная карта Парето для массовой доли влаги в поликомпонентном рыбном продукте, после копчения

Fig. 3. Standardized Pareto map for mass fraction of moisture in a multicomponent fish product, after smoking

Влияние изучаемых факторов на массовую долю влаги в продукте после копчения адекватно описывается уравнением регрессии (2):

$$Y_1 = b_0 + b_1 \times X_1 + b_2 \times X_1^2 + b_3 \times X_2 + b_4 \times X_2^2 + b_5 \times X_1 X_2, \quad (2)$$

где  $b_0$  – свободный член уравнения;  $b_1$ – $b_5$  – коэффициенты регрессии;  $X_1$  – температура копильного дыма, °С;  $X_2$  – скорость движения копильного дыма, м/с.

Все полученные уравнения нелинейны. Таким образом, в результате выполнения эксперимента, получена информация о влиянии факторов и построена математическая модель процесса, позволяющая рассчитать массовую долю влаги в варено-копченой поликомпонентной продукции внутри выбранных интервалов варьирования входных факторов.

Для создания продукта с заданными показателями влажности необходимо решить задачу оптимизации. Необходимо найти такие значения независимых переменных, обеспечивающих количество массовой доли влаги в варено-копченой поликомпонентной продукции, после копчения  $Y_1 = f(X_1, X_2, X_3)$ , в интервале, нормированном ТНПА или ниже [14, 15].

Зависимости изменения параметров оптимизации от исследуемых факторов представлены на рис. 4.

Исследования копчения поликомпонентной рыбной продукции показали, что технологический процесс – собственно копчение необходимо осуществлять при температуре 80–100 °С, скорости копильной среды 1,5–2,0 м/с.

Таким образом, анализ экспериментальных данных позволил установить оптимальные параметры копильной среды для копчения поликомпонентной рыбной продукции.

Оценка качества варено-копченой поликомпонентной продукции, произведенной с использованием оптимальных технологических параметров, показывает, что продукт обладает заданными физико-химическими показателями (массовая доля влаги – 43,1–48,4 %) и высокими сенсорными показателями.

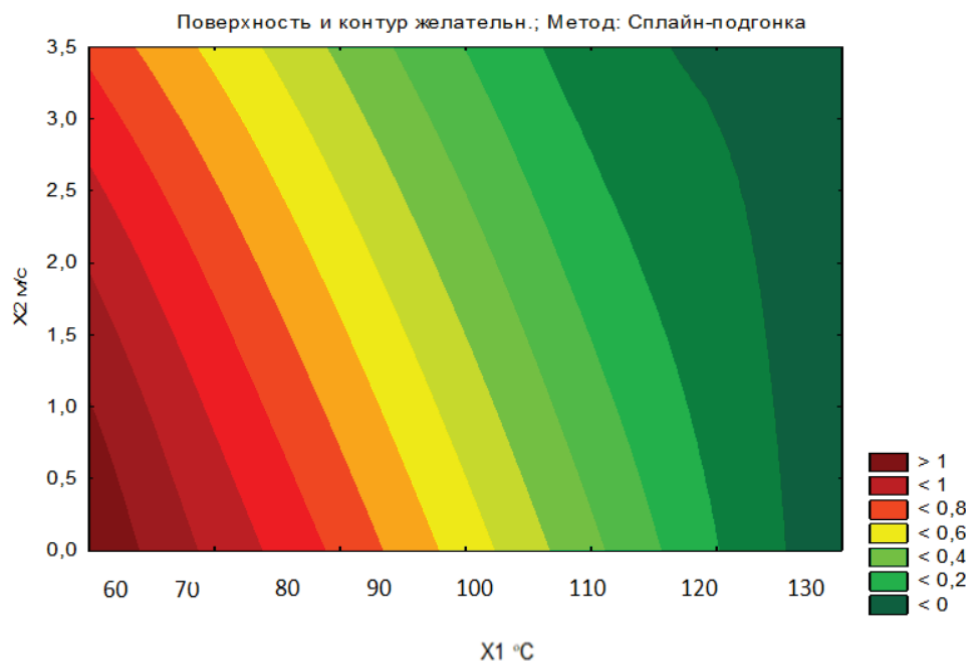


Рис. 4. Зависимости изменения параметров оптимизации от исследуемых факторов  
Fig. 4. Dependencies of changes in optimization parameters on the studied factors

Контроль качества готовой продукции проводили в соответствии с требованиями ТНПА по органолептическим, физико-химическим (табл. 5), микробиологическим показателям и показателям безопасности.

Результаты органолептической оценки качества: поверхность рулета чистая, невлажная, без отпечатков сетки, без загрязнения сажей; кожный покров целый, цвет от светло-золотистого до темно-золотистого, равномерный; мясо проварено и легко отделяется от кожи; консистенция — плотная, слегка суховатая; при разрезе незначительно крошащаяся; вкус и запах свойственные рыбе горячего копчения данных видов, без постороннего привкуса и запаха; с ароматом душистого перца и моркови. Органолептическая оценка показала, что все исследованные образцы готовой продукции имеют высокие показатели качества и соответствуют требованиям ТНПА (рис. 5).



Рис. 5. Внешний вид готового изделия  
Fig. 5. The appearance of the finished product

Анализируя данные табл. 5, можно сделать вывод, что по количеству соли готовая варено-копченая продукция является слабосоленой (1,9 %) и консервирующий эффект от введения соли будет ниже, чем эффект от действия коптильной среды и тепловой обработки в процессах проваривания полуфабриката и его копчения.

Таблица 5. Физико-химические показатели варено-копченой продукции  
Table 5. Physico-chemical characteristics of cooked smoked products

| Наименование показателя                 | Норматив       | Значение  |
|-----------------------------------------|----------------|-----------|
| Массовая доля поваренной соли в мясе, % | 1,5–3          | 1,9±0,1   |
| Содержание влаги, %                     | Не более 65    | 43,1–48,4 |
| Содержание жира, %                      | Не менее 4,5   | 18,4±0,4  |
| Содержание белка, %                     | Не нормируется | 31,7±0,5  |

Данные показатели характеризуют не только потребительские свойства готовой продукции, но и дают представление о процессах, которые произошли в сырье и могут происходить во время хранения. Например, общепринятый способ профилактики пищевых отравлений и увеличения продолжительности хранения – снижение активной влажности продукта. Влажность готового продукта, полученная в ходе исследований, ниже влажности рыбы традиционного горячего копчения, что может быть обоснованием увеличения сроков реализации разработанного продукта, но требует дополнительных исследований по хранимости.

При проведении микробиологических исследований отмечено, что общая микробная обсемененность исследуемых образцов составляла 250–270 КОЕ/г. Это значительно ниже допустимого норматива. По токсичным элементам, например, ртути, фактическое содержание было 0,07±0,01 мг/кг, что не превышает требований ТНПА.

В ходе исследований было установлено, что варено-копченая продукция по показателям безопасности соответствует требованиям ТР ТС 021/2011 от 09.12.2011, СанПиН ГН № 52 от 21.06.2013, ЕСЭГТ № 162 от 18.10.2016 [16, 17, 18].

Таким образом, разработана рецептура и технология производства варено-копченой поликомпонентной продукции из морской рыбы, включающая как стандартные приемы (приемка сырья; в зависимости от вида и термического состояния – размораживание или отмачивание; мойка; сортирование; разделка; промывание, посол, отмачивание), так и новые приемы: подготовка дополнительного сырья (морковь, желатин); формование рулета из горбуши, хека, моркови и желатина, обвяживание, подсушивание (45–60 мин, температура 60–80 °С, влажность 30–45 %, скорость воздуха 2,0–2,5 м/с); проваривание (50 мин, температура 80–100 °С, влажность 99 %), копчение (30 мин, температура дымовоздушной среды 80–100 °С, влажность от 40 до 60 %, скорость воздуха не более 2,0 м/с); охлаждение (8–12 °С); сортирование; расфасовка и упаковка; хранение (от -2 до +2 °С, относительная влажность воздуха 70–75 %, с периодической циркуляцией, не более 5 сут.

Разработаны и зарегистрированы технические условия «Рулет рыбный варено-копченый «Полеский» ТУ ВУ 692108924.002-2019 и технологическая инструкция на варено-копченую поликомпонентную продукцию из морской рыбы ТИ ВУ 692108924.008-2019, регламентирующие качество и безопасность готовой продукции, правила ее транспортировки, сроки годности и условия хранения, методы контроля и другие показатели.

#### Список использованных источников

1. Рыба мороженая. Технические условия : ГОСТ 32366-2013. — Взамен ГОСТ 1168-86, ГОСТ 20057-96 ; введ. 01.01.2015. — М. : Стандартинформ, 2014. — 22 с.
2. Рыба, нерыбные объекты и продукция из них. Правила приемки и методы отбора проб : ГОСТ 31339-2006. — Введ. 01.07.08. — Москва : Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации : 2008. — 15 с.
3. Рыба, нерыбные объекты и продукция из них. Методы определения органолептических и физических показателей : ГОСТ 7631-2008. — Введ. 01.01.09. — Москва : Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации : 2009. — 16 с.
4. Рыба, морепродукты и продукция из них. Метод определения массовой доли белка, жира, воды, фосфора, кальция и золы : ГОСТ Р 52421-2005. — Введ. 01.01.07. — Москва : Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации : 2007. — 8 с.
5. Бубырь, И.В. Исследование пищевой ценности копченой рыбы / И.В. Бубырь, Н.В. Ильковец // Fundamental science and technology : сборник статей по материалам международной научно-практической конференции (04 декабря 2019 г., г. Уфа). — Уфа : Изд. НИЦ Вестник науки, 2019. — С. 19–23.
6. Скурихин, И.М. Таблицы химического состава и калорийности российских продуктов питания: справочник / И.М. Скурихин, В.А. Тутельян. — М. : ДеЛипринт, 2007. — 276 с.
7. Морковь столовая свежая для промышленной переработки. Технические условия : ГОСТ 33540-2015. — Взамен ГОСТ 1721-85 ; Введ. 01.08.2018. — Минск : Госстандарт, 2018. — 12 с.



8. Соль каменная поваренная пищевая. Технические условия : СТБ 1828-2008. — Введ. 01.07.2013. — Минск : Госстандарт, 2010 — 7 с.
9. Пряности. Перец душистый : ГОСТ 29045-1991. — Введ. 01.01.1993. — Москва : Стандартинформ, 2011 — 9 с.
10. Желатин. Технические условия : ГОСТ 11293-2017.— Взамен ГОСТ 11293-89 ; введ. 01.09.2018. — Минск : Госстандарт, 2018. — 38 с.
11. Вода питьевая. Общие требования к организации и методам контроля качества : СТБ 1188-99. — Введ. 01.07.2000. — Минск : Госстандарт, 2006. — 24 с.
12. Качество воды. Определение некоторых элементов методом атомноэмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой (ICP-OES) : СТБ ISO 11885-2011. — Введ. 01.07.2011. — Минск : Госстандарт, 2011. — 32 с.
13. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества : СанПиН 10-124 РБ 99. — Введ. 19.10.2000 : утв. постановлением Глав. гос. врача Респ. Беларусь, 19 окт. 1999 г., № 46 : с изм. от 14.12.2007 г., № 164. — Минск : БелГИСС, 2000. — 73 с
14. Мезенова, О.Я. Технология, экология и оценка качества копченых продуктов : учеб. пособие / О.Я. Мезенова, И.Н. Ким. — СПб. : ГИОРД, 2009. — 488 с.
15. Курко, В.И. Методы исследования процесса копчения и копченых продуктов / В.И. Курко. — М. : Пищ. пром-сть, 1977. — 191 с.
16. О безопасности пищевой продукции: Технический Регламент Таможенного Союза ТР ТС 021/2011. — Введ. 01.07.2013. — Минск : БелГИСС, 2012. — 196 с.
17. Показатели безопасности и безвредности для человека продовольственного сырья и пищевых продуктов: Гигиенический норматив, утв. постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 21.06.2013 г. № 52. — 371 с.
18. О безопасности рыбы и рыбной продукции : ТР ЕАЭС 040/2016 : принят 24.04.2017 : вступ. в силу 01.09.2017 / Евраз. экон. комис. — Минск : Госстандарт, 2017. — 76 с.

## References

1. GOST 32366-2013. Rybamorozhenaya. Tekhnicheskiye usloviya [State Standard 32366-2013. Frozen fish. — Instead of State Standard 1168-86, 20057-96; enter 01/01/2015]. M., Standartinform, 2014, 22 p. (in Russian).
2. GOST 31339-2006. Ryba, nerybnye obekty i produkciya iz nih. Pravila priemki i metody otbora prob [State Standard 31339-2006. Fish, non-fish objects and products from them. Acceptance rules and sampling methods]. Moscow, Interstate. Council for Standardization, Metrology and Certification, 2008, 15 p. (in Russian).
3. GOST 7631-2008. Ryba, nerybnye obekty i produkciya iz nih. Metody opredeleniya organolepticheskikh i fizicheskikh pokazatelej [State Standard 7631-2008. Fish, non-fish objects and products from them. Methods for the determination of organoleptic and physical parameters]. Moscow, Interstate. Council for Standardization, Metrology and Certification, 2009, 16 p. (in Russian).
4. GOST R 52421-2005. Ryba, moreprodukty i produkciya iz nih. Metod opredeleniya massovoj doli belka, zhira, vody, fosfora, kal'ciya i zoly [State Standard R 52421-2005. Fish, seafood and products from them. Method for determining the mass fraction of protein, fat, water, phosphorus, calcium and ash]. Moscow, Interstate. Council for Standardization, Metrology and Certification, 2007, 8 p. (in Russian).
5. Bubyr' I.V., I'kovets N.V. Issledovaniye pishchevoy tsennosti kopchenoy ryby [Study of the nutritional value of smoked fish]. Fundamental science and technology: a collection of articles based on materials of an international scientific and practical conference (December 4, 2019, Ufa), Ufa: Ed. SIC Bulletin of Science, 2019, pp. 19–23 (in Russian).
6. Skurikhin I.M., Tutel'yan V.A. Tablitsy khimicheskogo sostava i kaloriynosti rossiyskikh produktov pitaniya [Tables of the chemical composition and caloric content of Russian food]. Moscow: DeLiprint Publ., 2007, 275 p. (in Russian).
7. GOST 33540-2015. Morkov' stolovaya svezhayaya dlya promyshlennoy pererabotki. Tekhnicheskiye usloviya [State Standard 33540-2015. Fresh carrot for industrial processing. Specifications]. Instead of GOST 1721-85; Enter 08/01/2018, Minsk, Gosstandart, 2018, 12 p. (in Russian).
8. STB 1828-2008. Sol' kamennaya povarennaya pishchevaya. Tekhnicheskiye usloviya [Cooking rock salt. Specifications]. Enter. 07/01/2013, Minsk: Gosstandart, 2010, 7 p. (in Russian).
9. GOST 29045-1991. Pryanosti. Perets dushisty [State Standard 29045-1991. Spices. Allspice]. Enter. 01/01/1993, Moscow, Standartinform, 2011, 9 p. (in Russian).
10. GOST 11293-2017. Zhelatin. Tekhnicheskiye usloviya [Gelatin. Specifications]. Instead of GOST 11293-89; enter 09/01/2018, Minsk, Gosstandart, 2018, 38 p. (in Russian).

11. STB 1188-99. Voda pit'yevaya. Obshchiye trebovaniya k organizatsii i metodam kontrolya kachestva [Drinking water. General requirements for the organization and methods of quality control]. Enter. 07/01/2000, Minsk, Gosstandart, 2006, 24 p. (in Russian).
12. STB ISO 11885-2011. Kachestvo vody. Opredeleniye nekotorykh elementov metodom atomnoemissionnoy spektrometrii s induktivno svyazannoy plazmoy [Water quality. Determination of certain elements by inductively coupled plasma atomic emission spectrometry]. Enter. 07/01/2011, Minsk, Gosstandart, 2011, 32 p. (in Russian).
13. SanPiN 10-124 RB 99. Pit'yevaya voda. Gigiyenicheskiye trebovaniya k kachestvu vody tsentralizovannykh system pit'yevogo vodosnabzheniya. Kontrol' kachestva [Drinking water. Hygienic requirements for water quality of centralized drinking water supply systems]. Quality control: Introduction. 10.19.2000, approved Resolution of the Chapters. state doctor Resp. Belarus, October 19 1999, No. 46: as amended. dated December 14, 2007, No. 164, Minsk, BelGISS, 2000, 73 p. (in Russian).
14. Mezenova O.Ja., Kim. I.N. Tehnologiya, jekologiya i ocenka kachestva kopchenyh produktov : ucheb. posobie [Technology, ecology and assessment of the quality of smoked products: Textbook. allowance]. Cpb. : GIOR, 2009, 488 p. (in Russian).
15. Kurko V.I. Metody issledovaniya processa kopcheniya i kopchenyh produktov [Methods of researching the smoking process and smoked products.]. Moscow, Food. Prom-st, 1977, 191 p. (in Russian).
16. TR TS 021/2011. O bezopasnosti pishchevoy produktsii: Tekhnicheskij Reglament Tamozhennogo Soyuza [Technical Regulations of the Customs Union. About food safety]. Minsk, Belarusian State Institute of Standardization and Certification Publ., 2012, 196 p. (in Russian).
17. Gigiyenicheskiy normativ, utv. Postanovleniyem Ministerstva zdravookhraneniya Respubliki Belarus' ot 21.06.2013 g. №52: Pokazateli bezopasnosti i bezvrednosti dlya cheloveka prodovol'stvennogo syr'ya i pishchevykh produktov [Hygienic standard, approved. Resolution of the Ministry of Health of the Republic of Belarus on 21 June 2013, no. 52: Indicators of safety and harmlessness for human food raw materials and food]. Minsk, Ministry of Health Publ., 2013, 371 p. (in Russian).
18. TR EAEU 040/2016. O bezopasnosti ryby i rybnoy produktsii [On the safety of fish and fish products]: adopted 04.24.2017: entry. By virtue of September 1, 2017 / Evraz. econ. comis. Minsk, Gosstandart, 2017, 76 p. (in Russian).

#### Информация об авторах

*Бубырь Ирина Валерьевна* — кандидат технических наук, доцент кафедры промышленного рыбоводства и переработки рыбной продукции учреждения образования «Полесский государственный университет» (ул. Пушкина, 4, 225710, г. Пинск, Республика Беларусь). E-mail: bubyri@mail.ru.

*Ловкис Зенон Валентинович* — заслуженный деятель науки Республики Беларусь, член-корреспондент Национальной академии наук Беларуси, доктор технических наук, профессор, генеральный директор 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

*Bubyri Irina V.* — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Industrial Fisheries and Fish Processing UO «Polesky State University» (Pushkin St., 4, 225710, Pinsk, Republic of Belarus). E-mail: bubyri@mail.ru.

*Lovkis Zenon V.* — Honored Science Worker of the Republic of Belarus, corresponding member of the National Academy of Science of Belarus, Doctor of Engineering sciences, Professor, General Director of RUE «Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus» (29, Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: info@belproduct.com.

А.Н. Никитенко<sup>1</sup>, С.А. Ламоткин<sup>1</sup>, А.М. Мазур<sup>2</sup>, И.С. Сербин<sup>1</sup>, Ю.С. Война<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Учреждение образования «Белорусский государственный технологический университет», г. Минск, Республика Беларусь

<sup>2</sup>Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь

## ОЦЕНКА ОКИСЛИТЕЛЬНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ КУПАЖЕЙ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ БАД

**Аннотация.** Профилактикой роста и развития ряда заболеваний среди населения является потребление полиненасыщенных жирных кислот. Сбалансированное применение  $\omega$ -3 и  $\omega$ -6 полиненасыщенных жирных кислот является важным условием сохранения и укрепления здоровья человека. Цель исследований — разработать купажи на основе растительных масел с оптимальным соотношением  $\omega$ -3 и  $\omega$ -6 полиненасыщенных жирных кислот и исследовать окислительную устойчивость в процессе хранения. Разработан и обоснован состав купажей на основе растительных масел: кукурузное и льняное — 70 : 30 (мас. %), кукурузное и рыжиковое — 60 : 40 (мас. %), тыквенное и льняное — 68 : 32 (мас. %), тыквенное и рыжиковое — 57 : 44 (мас. %) для использования при производстве БАД. Анализ окислительной устойчивости купажей растительных масел осуществлялся в процессе хранения при температуре  $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ , без доступа УФ-излучения и кислорода воздуха. В растительных маслах и купажах на их основе определяли состав жирных кислот газохроматографическим методом, органолептические и физико-химические показатели (перекисное и кислотное числа). Показано, что на изменение показателей качества разработанных купажей растительных масел при хранении существенно влияло повышение перекисного числа вследствие образования пероксидов. Установлено, что более продолжительным сроком годности (4 мес.) обладал купаж на основе кукурузного и льняного масла. Предложенные БАД на основе липидов растительных масел, содержащие  $\omega$ -3 и  $\omega$ -6 полиненасыщенные жирные кислоты в оптимальном для организма человека соотношении, расширят ассортимент продукции с высокой биологической ценностью.

**Ключевые слова:** купажи растительных масел, БАД, окисление липидов, полиненасыщенные жирные кислоты, линолевая кислота, линоленовая кислота

A.N. Nikitenko<sup>1</sup>, S.A. Lamotkin<sup>1</sup>, A.M. Mazyr<sup>2</sup>, I.S. Serbin<sup>1</sup>, Y.S. Voina<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Belarusian State Technological University, Minsk, Republic of Belarus

<sup>2</sup>Belarusian State Agrarian Technical University, Minsk, Republic of Belarus

## EVALUATION OF THE OXIDATIVE STABILITY OF BLENDS OF VEGETABLE OILS FOR THE PRODUCTION OF BIOLOGICALLY ACTIVE FOOD SUPPLEMENTS

**Abstract.** Prevention of the growth and development of a number of diseases among the population is the consumption of polyunsaturated fatty acids of groups. The balanced use of  $\omega$ -3 and  $\omega$ -6 polyunsaturated fatty acids is an important condition for maintaining and strengthening human health. The aim of the work was to develop blends based on vegetable oils with an optimal ratio of  $\omega$ -3 and  $\omega$ -6 polyunsaturated fatty acids and to study oxidative stability during storage. The composition of blends based on lipids of vegetable oils was developed and justified: corn and linseed — 70 : 30 (wt. %), corn and saffron — 60 : 40 (wt. %), pumpkin and linseed — 68 : 32 (wt. %), pumpkin and camelina — 57 : 44 (wt. %), which can be used for further production of dietary supplements. The oxidative stability developed by blends of vegetable oils was studied during their storage without access to UV radiation, air oxygen, and a temperature of  $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ . The studies determined the composition of fatty acids, organoleptic and physico-chemical parameters (peroxide and acid numbers) of vegetable oils and their blends. It is shown that the change in the quality indicators of the blends of vegetable

oils during storage was significantly affected by an increase in the peroxide value due to the formation of peroxides. It was found that corn oil blends had a longer shelf life (4 months) due to the low rate of accumulation of peroxides. The developed dietary supplements based on lipids of vegetable oils will expand the range of products with high quality by increasing the content of  $\omega$ -3 and  $\omega$ -6 polyunsaturated fatty acids in an optimal ratio for the human health.

**Keywords:** vegetable oil blends, BAFS, lipid oxidation, polyunsaturated fatty acids, linoleic acid, linolenic acid

В настоящее время особую актуальность приобретает использование физиологических регуляторов биохимических процессов в питании человека. Незаменимые питательные вещества необходимы для нормального развития и функционирования организма в зависимости от пола, возраста, состояния (беременность, кормление грудным молоком, инфекционные болезни, возраст т.д.) [1].

Комплексные медико-гигиенические исследования фактического питания отдельных групп населения, включая детей, показали несбалансированность поступления основных пищевых веществ и энергии с пищей, в частности низкий уровень потребления полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК), выполняющих важные биологические функции [2, 3].

Полиненасыщенные жирные кислоты являются компонентами фосфолипидов клеточных мембран, регулируют передачу импульсов и работу рецепторов, выступают предшественниками синтеза гормонов (эйкозаноидов), которые относятся к важному звену регуляции иммунометаболического ответа клетки и опосредующего воспалительного процесса [4–6].

Сбалансированное потребление ПНЖК способствует сохранению и укреплению здоровья, а также профилактике роста хронических неинфекционных заболеваний среди населения [2, 3, 7]. Большим препятствием реализации данного принципа является вольное употребление в пищу полиненасыщенных жирных кислот, несмотря на то, что они являются физиологически активными веществами. Одним из путей решения данной проблемы является разработка биологически активных добавок (БАД) и обогащение пищевых продуктов путем добавления  $\omega$ -3 и  $\omega$ -6 полиненасыщенных жирных кислот.

В число представителей ПНЖК семейства  $\omega$ -3 входит  $\alpha$ -линоленовая кислота, семейства  $\omega$ -6 — линолевая кислота. Общеизвестно, что организм человека не синтезирует линолевую и линоленовую кислоты, они поступают только из пищи.

Линолевая и  $\alpha$ -линоленовая кислоты путем десатурации и удлинения превращаются в эйкозапентаеновую кислоту, звено синтеза эйкозаноидов. Полученные из  $\omega$ -3 и  $\omega$ -6 полиненасыщенных жирных кислот эйкозаноиды имеют различную структуру и биологический эффект. Из  $\omega$ -3 жирных кислот образуются простагландины PGE<sub>3</sub>, PGI<sub>3</sub>, тромбоксан TXA<sub>3</sub>, а также лейкотриены LTC<sub>5</sub>-LTE<sub>5</sub>, усиливающие кровообращение, расширяющие кровеносные сосуды и оказывающие противовоспалительное, противоаллергическое и тромболитическое действие [5, 7].

В то время как эйкозаноиды, синтезированные из  $\omega$ -6 кислот: простагландины PGE<sub>2</sub> и PGI<sub>2</sub>, тромбоксан TXA<sub>2</sub> и лейкотриены LTC<sub>4</sub>-LTE<sub>4</sub>, — способствуют развитию воспаления и аллергии, агрегации тромбоцитов, образованию сгустков и сужению кровеносных сосудов (исключение простагландин E<sub>1</sub>) [7, 8].

Научные исследования показали, что недостаток основных полиненасыщенных жирных кислот, в т.ч.  $\omega$ -3, в клетках создает высокий потенциал для воспалений, приводит к риску смертности от ишемической болезни сердца. Введение в рационы питания линолевой кислоты позволило снизить вероятность возникновения ряда заболеваний [1–3, 11].

Существует предположение, что для нормальной жизнедеятельности содержание арахидоновой кислоты в рационах должно составлять около 2 г, а избыток этой кислоты может привести к ряду нежелательных изменений в обмене веществ. Поэтому для эффективного метаболизма  $\omega$ -3 ПНЖК необходимо блокировать источник синтеза арахидоновой кислоты и соблюдать баланс потребления ПНЖК [1, 3–9].

Известно, что жирнокислотный состав растительных масел не оптимален по соотношению  $\omega$ -3 и  $\omega$ -6 жирных кислот [11–14]. Возможным решением этой проблемы является создание БАД на основе липидов растительных масел с заданным содержанием  $\omega$ -3 и  $\omega$ -6 ПНЖК [3, 11, 12]. Применение БАД данной группы невозможно без оценки их окислительной устойчивости.

Поэтому, целью работы было разработать купажи на основе растительных масел с оптимальным соотношением  $\omega$ -3 и  $\omega$ -6 полиненасыщенных жирных кислот и исследовать окислительную устойчивость в процессе хранения.



Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

- ♦ изучить состав жирных кислот растительных масел;
- ♦ разработать купажи растительных масел с оптимальным соотношением  $\omega$ -3 и  $\omega$ -6 полиненасыщенных жирных кислот;
- ♦ исследовать окислительную устойчивость купажей растительных масел с оптимальным соотношением  $\omega$ -3 и  $\omega$ -6 полиненасыщенных жирных кислот в условиях приближенных к бытовым.

Для составления купажей были использованы масла: кукурузное рафинированное дезодорированное, тыквенное пищевое нерафинированное, льняное нерафинированное высшего сорта, рыжиковое нерафинированное пищевое. В качестве объектов исследования выбраны масла с высоким содержанием  $\omega$ -3 ПНЖК — льняное и рыжиковое, а также  $\omega$ -6 ПНЖК — кукурузное и тыквенное масла [11–14].

Жирнокислотный состав растительных масел и их купажей исследовали методом газожидкостной хроматографии на приборе «Хроматэк Кристалл 5000», оснащенный ПИД-детектором, кварцевой капиллярной колонкой длиной 100 м, диаметром 0,25 мм, с нанесенной фазой — цианопропилфенилполисилоксан, газ-носитель — азот, объем вводимой пробы — 1 мкл по ГОСТ 30418 [15].

Подготовку метиловых эфиров жирных кислот для исследования проводили по ГОСТ 31665 [16]. Взвешивали  $0,1 \pm 0,002$  г растительного масла и растворяли в  $2,0 \text{ см}^3$  гексана. В полученный раствор пипеткой добавляли  $0,1 \text{ см}^3$  раствора метилата натрия в метаноле молярной концентрации 2 моль/ $\text{дм}^3$ , закрывали пробирку пробкой. После интенсивного перемешивания в течение 2 мин реакционную смесь отстаивали 5 мин и верхний слой, содержащий метиловые эфиры, фильтровали через бумажный фильтр. Отбирали от 0,1 до  $2 \text{ мм}^3$  раствора метиловых эфиров жирных кислот, приготовленных из испытуемой пробы и вводили в колонку. Проводили измерение стандартной смеси в изотермических условиях. Начальная температура термостата колонок составляла  $140^\circ\text{C}$  в течение 4 мин, затем программированный подъем температуры со скоростью  $3^\circ\text{C}/\text{мин}$  до  $180^\circ\text{C}$  — изотермический режим на протяжении 40 мин. Далее программированный подъем температуры со скоростью  $3^\circ\text{C}/\text{мин}$  до  $240^\circ\text{C}$  — изотермический режим в течение 25 мин. Идентификацию жирных кислот проводили путем сравнения времени удерживания со стандартной смесью метиловых эфиров жирных кислот (37 компонентов FAME Mix, SUPELCO). Количественное определение жирных кислот в исследуемых образцах проводили методом внутренней нормализации с использованием программного обеспечения Unichrome®.

Органолептическую оценку купажей проводили на основе результатов исследования запаха при температуре  $50^\circ\text{C}$ , цвета в проходящем и отраженном свете на белом фоне, вкуса, комиссией в составе пяти обученных испытателей по 5-балльной шкале, основываясь на принципах, изложенных в СТБ ИСО 6564 и ГОСТ ISO 11037 [17, 18].

Основные показатели окислительной порчи при хранении растительных масел и их купажей при отсутствии УФ-излучения и доступа кислорода воздуха (температура  $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$  оценивали по значениям перекисного числа (по СТБ ГОСТ Р 51487 [19]) и кислотного числа (по ГОСТ 31933 [20])). Режим хранения был выбран как наиболее близкий к бытовым условиям. Пробы для испытаний отбирали каждые 2 недели.

Многочисленные исследования указывают на важную роль количества потребляемых полиненасыщенных жирных кислот. Согласно требованиям Санитарных норм, правил и гигиенического норматива, утвержденным Постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 21.06.2013 г. № 52, и ТР ТС 027/2012 «О безопасности отдельных видов специализированной пищевой продукции, в том числе диетического лечебного и диетического профилактического питания» на 3–6 % общего потребления жиров рекомендуется 1 % линолевой и 2 %  $\alpha$ -линоленовой кислот [21, 22].

С этой целью широко известно обогащение ежедневного питания БАД на основе липидов рыб [23], в то время как наиболее дешевым сырьем, содержащим большое количество линолевой и линоленовой кислот, являются растительные масла. БАД на основе липидов растительного сырья могут использоваться для непосредственного приёма в пищу или в составе других пищевых продуктов, как дополнительный источник  $\omega$ -3 и  $\omega$ -6 ПНЖК, с целью оптимизации различных видов обмена веществ, нормализации и (или) улучшения функционального состояния органов и систем, снижения риска заболеваний [24].

Согласно существующим рекомендациям содержание ПНЖК в суточном рационе должно составлять 5–10 % от калорийности. В то время как требования к детскому питанию направлены на увеличение доли ПНЖК среди потребляемых ЖК (см. табл. 1). Для профилактики заболеваний и при патологии липидного обмена РАМН рекомендует соотношение  $\omega$ -3 и  $\omega$ -6 полиненасыщенных жирных кислот 1 : (3–5) [25–27].

Таблица 1. Допустимые уровни потребления ПНЖК в продукции для детского питания  
Table 1. Permissible levels of PUFA consumption in baby food products

| Наименование группы                                                                                                                                                                                                  | Критерий       | Единицы измерения | Допустимые уровни |             |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-------------------|-------------------|-------------|
|                                                                                                                                                                                                                      |                |                   | нормируемый       | маркируемый |
| Продукты для питания детей раннего возраста, 6 до 12 мес., от рождения и до 12 мес.                                                                                                                                  | Линолевая к-та | % от суммы ЖК     | 14-20             | да          |
|                                                                                                                                                                                                                      |                | мг/л, не менее    | 4000-8000         | нет         |
| смеси для недоношенных и (или) маловесных детей                                                                                                                                                                      |                | г/л               | 2,6 — 10,5        | нет         |
| Частично адаптированные молочные смеси для питания детей старше 6 мес., смеси на основе изолята соевого белка, полных гидролизатов белка, (смеси без фенилаланина или с низким его содержанием для детей 1-го года*) | Линолевая к-та | % от суммы ЖК     | 14-20             | да          |
|                                                                                                                                                                                                                      |                | мг/л, не менее    | 4000 (5000*)      | нет         |

Широко распространенным сырьем, содержащим ПНЖК, являются растительные масла. Состав ПНЖК кукурузного и тыквенного масел обусловлен наличием линолевой кислоты, льняного и рыжикового масла — линоленовой кислоты. Результаты проведенных исследований состава жирных кислот растительных масел представлены в табл. 2. Анализ состава жирных кислот растительных масел (табл. 2) подтвердил ранее полученные данные о несбалансированности содержания  $\omega$ -3 и  $\omega$ -6 ПНЖК в маслах, по сравнению с существующими рекомендациями для питания [28]. Основываясь на полученных результатах, рассчитали содержание биологически активных компонентов в купажах растительных масел. Расчет показал, что для достижения соотношения линоленовой и линолевой кислот 1 : (3-5) необходимо обеспечить следующее количество масел в составе купажей: кукурузное и льняное — 70 : 30 (мас.%), кукурузное и рыжиковое — 60 : 40 (мас.%), тыквенное и льняное — 68 : 32 (мас.%), тыквенное и рыжиковое — 57 : 44 (мас.%).

После смешивания в установленных соотношениях выполнен анализ купажей растительных масел. Результаты состава жирных кислот разработанных купажей представлены в табл. 2.

Таблица 2. Жирнокислотный состав растительных масел и их купажей  
Table 2. Fatty acid composition of vegetable oils and their blends

| Наименование жирной кислоты           | Содержание жирных кислот, мас. % |         |           |           |                         |                           |                          |                        |
|---------------------------------------|----------------------------------|---------|-----------|-----------|-------------------------|---------------------------|--------------------------|------------------------|
|                                       | кукурузное                       | льняное | рыжиковое | тыквенное | кукурузно-льняной купаж | кукурузно-рыжиковый купаж | тыквенно-рыжиковый купаж | тыквенно-льняной купаж |
| Пальмитиновая                         | 9,6                              | 4,9     | 5,4       | 7,5       | 5,6                     | 3,5                       | 5,9                      | 7,1                    |
| Стеариновая                           | 1,9                              | 4,6     | 2,3       | 5,4       | 2,1                     | 2,8                       | 3,4                      | 4,2                    |
| Олеиновая                             | 43,0                             | 19,8    | 15,9      | 29,1      | 32,2                    | 32,9                      | 25,7                     | 22,4                   |
| Линолевая                             | 32,5                             | 17,0    | 17,8      | 50,0      | 45,1                    | 40,1                      | 42,8                     | 48,6                   |
| Линоленовая                           | 2,0                              | 51,0    | 35,7      | 7,0       | 15,0                    | 10,1                      | 10,7                     | 15,4                   |
| Неидентифицированные соединения       | 11,0                             | 2,7     | 22,0      | 1         | —                       | 10,6                      | 11,5                     | 2,3                    |
| Соотношение $\omega$ -3 : $\omega$ -6 | 1:16                             | 3:1     | 2:1       | 1:7       | 1:3                     | 1:4                       | 1:4                      | 1:3                    |

Как видно из данных табл. 2, купажирование позволило создать образцы растительных масел с общим содержанием линоленовой и линолевой кислот 50–60 мас. % и соотношением  $\omega$ -3 и  $\omega$ -6 ПНЖК на уровне 1:(3-4), удовлетворяющем требованиям к профилактическому питанию [22, 25–27].

Далее были выполнены исследования физико-химических показателей окислительной устойчивости растительных масел, результаты представлены в табл. 3.

Как видно из данных, представленных в табл. 3, соответствуют требованиям [27, 28] по физико-химическим показателям окислительной устойчивости и могут быть использованы в качестве сырья при изготовлении продуктов детского питания только кукурузное и льняное масла.

Окислительная способность разработанных купажей в процессе хранения без доступа кислорода воздуха отражена на рис. 1–5.

Таблица 3. Физико-химические показатели окисления растительных масел  
Table 3. Physico-chemical quality indicators oxidation of vegetable oils

| Наименование показателя           | Наименование растительных масел |         |           |           |
|-----------------------------------|---------------------------------|---------|-----------|-----------|
|                                   | кукурузное                      | льняное | рыжиковое | тыквенное |
| Перекисное число, ммоль (1/2O)/кг | 2,8                             | 1,4     | 4,6       | 4,1       |
| Кислотное число, мг КОН/г         | 0,3                             | 0,4     | 2,0       | 0,8       |

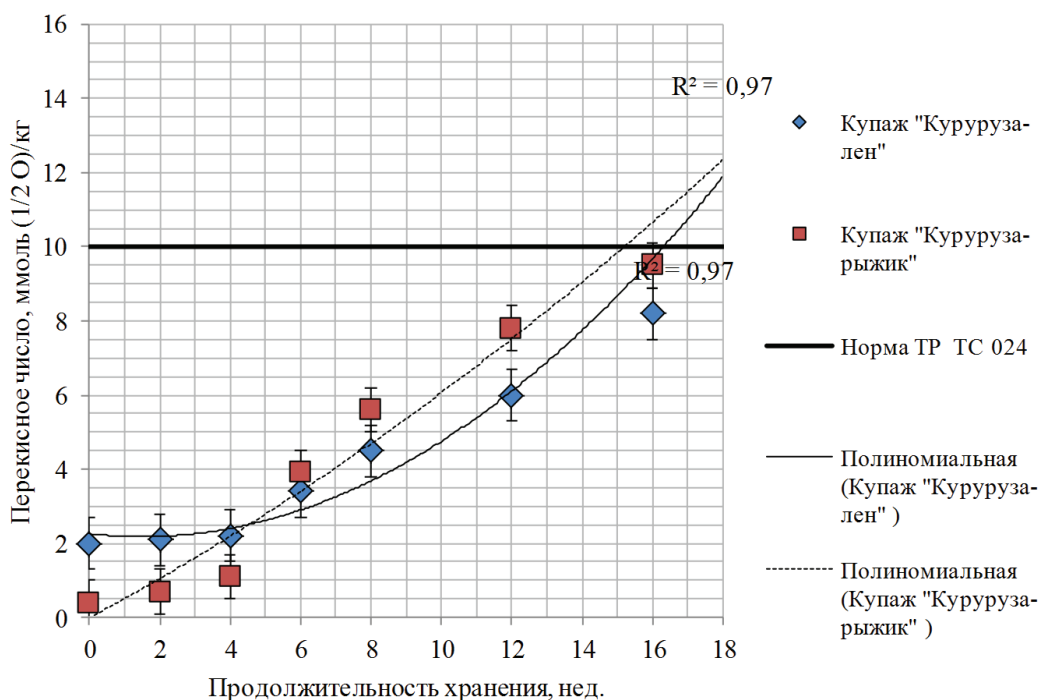


Рис. 1. Изменение перекисного числа при хранении купажей на основе кукурузного масла  
Fig. 1. Variation of the peroxide number on the duration of storage of blends based on corn oil

Полученные данные (рис. 1) позволили сделать вывод о том, что наиболее интенсивно образование перекисей происходило при хранении купажей на основе кукурузного масла с 4 по 8 неделю хранения. Превышение предельно установленной величины перекисного числа (10 мэкв/кг) образцов на основе кукурузного масла произошло через 4 мес. хранения.

Анализ экспериментальных данных, представленных на рис. 2, позволил установить превышение предельно установленного норматива перекисного числа в образцах на основе тыквенного масла после 2,5 мес. хранения, что, вероятно, связано с более высокой величиной перекисного числа в исходных маслах и содержанием ПНЖК.

Наряду с образованием первичных продуктов распада липидов, окисление растительных масел характеризуется появлением карбонильных соединений, поэтому далее исследовали изменение кислотного числа купажей при хранении (рис. 3 и 4).

Результаты исследований, представленные на рис. 3 и 4, свидетельствуют о том, что содержание карбонильных соединений в процессе хранения находилось практически на одном уровне и не превысило предельного норматива, установленного техническим регламентом ТР ТС 024/2011 «Технический регламент на масложировую продукцию» [29]. Изменение кислотного числа стабилизировалось спустя 8 недель хранения, что связано с расходом внутреннего кислорода, содержащегося в растительных маслах.

Важным критерием оценки качества купажей являются органолептические показатели. Цвет, вкус, запах кукурузно-рыжикового, кукурузно-льняного, тыквенно-рыжикового и тыквенно-льняного купажей соответствовали требованиям, предъявляемым к растительным маслам. Образцы были прозрачными, светло-желтого и светло-зеленого цвета. Необходимо отметить, что нежелательный горький и травянистый привкус, характерный для масел на основе льна и рыжика, практически нивелировался смешиванием с кукурузным и тыквенным маслами.

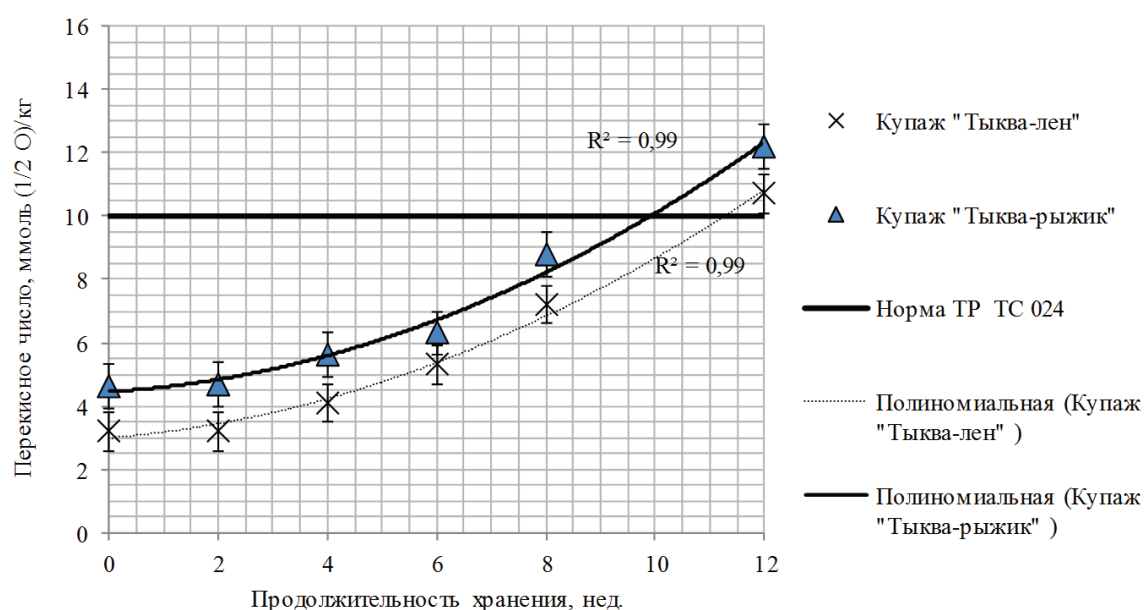


Рис. 2. Изменение перекисного числа при хранении купажей на основе тыквенного масла  
Fig. 2. Variation of the peroxide number on the duration of storage of blends based on pumpkin oil

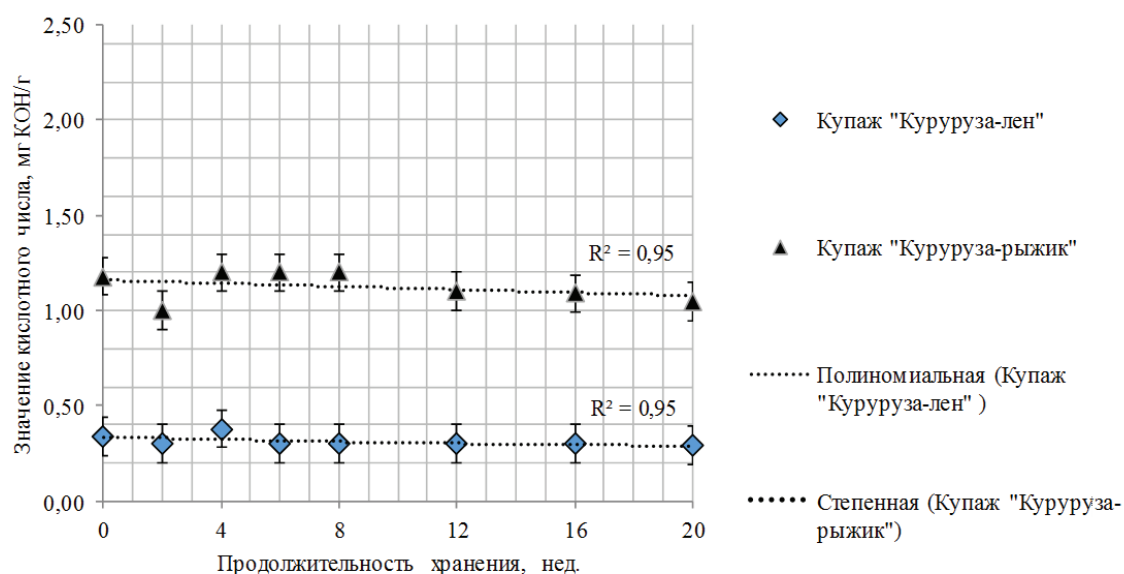


Рис. 3. Изменение кислотного числа при хранении купажей на основе кукурузного масла  
Fig. 3. Variation of the acid number on the duration of storage of blends based on corn oil

Хранение без доступа кислорода воздуха практически не изменило органолептическую оценку купажей растительных масел, представленную на рис. 5. Наилучшие органолептические свойства были отмечены для купажей на основе тыквенного масла.

Включение купажей растительных масел с оптимизированным составом полиненасыщенных жирных кислот в состав БАД, рационов и рецептур пищевых продуктов должно осуществляться при информировании потребителя о величине содержания  $\omega$ -3 и  $\omega$ -6 жирных кислот, рекомендаций по использованию, надписи «Не является лекарством».

Применение БАД на основе разработанных купажей растительных масел должно происходить согласно их способности удовлетворять физиологические потребности человека в основных пищевых веществах и энергии, с учетом существующих рекомендаций [26–28].



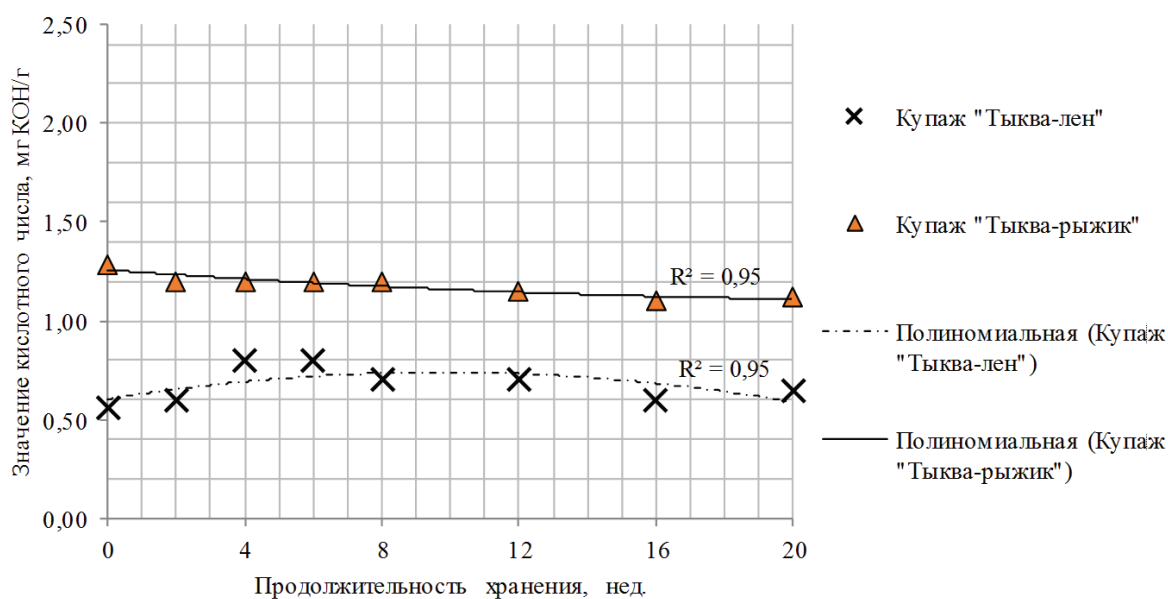


Рис. 4. Изменение кислотного числа при хранении купажей на основе тыквенного масла  
 Fig. 4. Variation of the acid number on the duration of storage of blends based on pumpkin oil

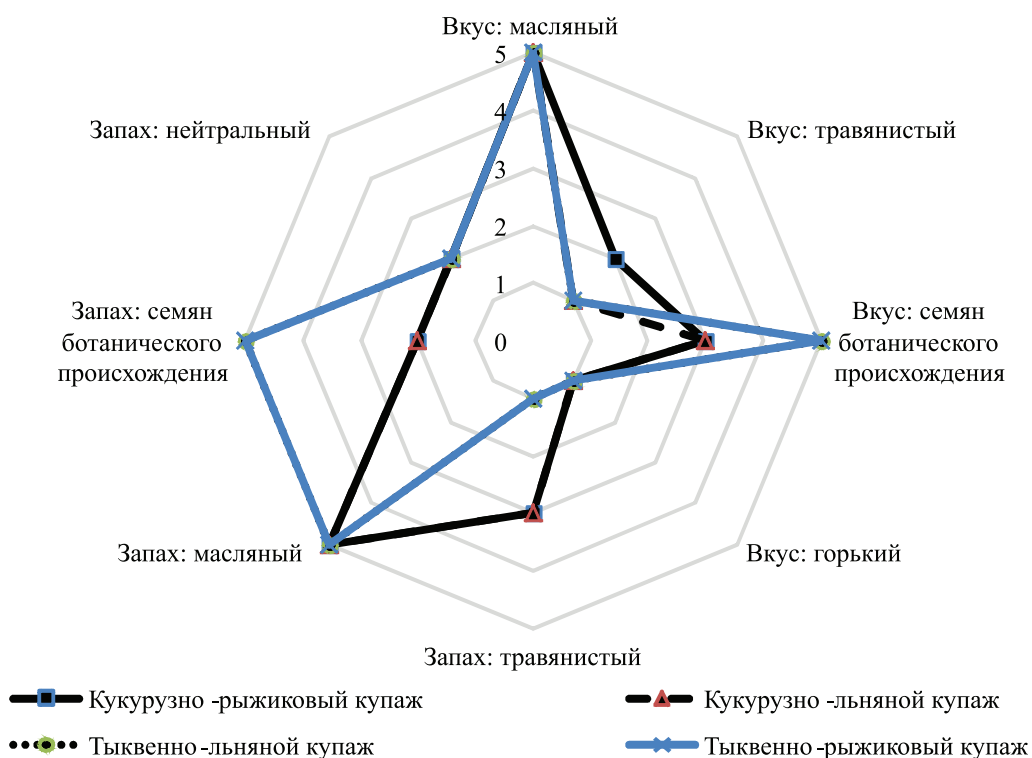


Рис. 5. Профилограммы оценки запаха и вкуса купажей растительных масел  
 Fig. 5. Profilograms of the smell and taste of blends of vegetable oils

Таким образом, были разработаны купажи растительных масел: кукурузное и льняное — 70 : 30 (мас.%), кукурузное и рыжиковое — 60 : 40 (мас.%), тыквенное и льняное — 68 : 32 (мас.%), тыквенное и рыжиковое — 57 : 44 (мас.%), которые могут быть использованы для производства БАД.

Изучена окислительная устойчивость разработанных купажей растительных масел при их хранении без доступа УФ-излучения, кислорода воздуха и температуре  $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$ . Исследование органо-

лептических, физико-химических показателей (кислотное и перекисное числа) и состава жирных кислот разработанных купажей показало, что на изменение качества существенно влияло повышение перекисного числа.

Компоненты, являющиеся источниками ПНЖК, используемые при изготовлении БАД, пищевой продукции не должны оказывать вредного воздействия на здоровье человека и содержать заявленные вещества выше рекомендуемого уровня в течение всего срока годности, который для исследованных купажей на основе кукурузного масла составил 4 мес., тыквенного — 2,5 мес. Наиболее устойчивым, с точки зрения накопления пероксидов, являлся купаж на основе кукурузного и льняного масел.

БАД на основе разработанных купажей растительных масел расширят ассортимент выпускаемой продукции, повысят ее качество за счет увеличения содержания  $\omega$ -3 и  $\omega$ -6 полиненасыщенных жирных кислот в рационе за счет оптимального и безопасного для организма человека соотношения.

Выбор форм, способов применения БАД на основе липидов растительных масел должен проводиться с учетом возможного взаимодействия с другими компонентами, в т.ч. обогащаемого пищевого продукта, содействовать максимальной сохранности в процессе производства и хранения липидов растительного происхождения.

### Список использованных источников

1. Назаров, П.Е. Полиненасыщенные жирные кислоты как универсальные эндогенные биорегуляторы // П.Е. Назаров, Г.И. Мягков, Н.В. Гроза // Вестник МИТХТ. Химия и технология лекарственных препаратов и биологически активных соединений. — 2009. — Т.4. № 5. — С. 3–19.
2. Гузик, Е.О. Гигиеническая оценка факторов риска неинфекционных заболеваний у школьников / Е.О. Гузик // Здоровье и окружающая среда : сб. науч. тр. / М-во здравоохранения Респ. Беларусь, Респ. науч.-практ. центр гигиены, Бел. науч. о-во гигиенистов ; редкол.: Л.В. Половинкин (гл. ред.) [и др.]. — Вып. 20. — Минск : ГУ «Республиканская научная медицинская библиотека», 2012. — С. 162–168.
3. Долголюк, И.В. Растительные масла — функциональные продукты питания // И.В. Долголюк, Л.В. Терешук, М.А. Трубникова, К.В. Старовойтова // Техника и технология пищевых производств. — 2014. — № 2. — С. 122–125.
4. Cunnane, S.C. Problems with essential fatty acids time for a new paradigm / S.C. Cunnane // Prog. Lipid Res. — 2003. — Vol. 42, № 6. — P. 544–568.
5. Din, J.N. Omega 3 fatty acids and cardiovascular disease-fishing for a natural treatment [Text] / J.N. Din / BMJ. — 2004. — Vol. 328, Issue 7430. — P. 30–35. doi: 10.1136/bmj.328.7430.30.
6. Караман, Ю.К. Эндоканнабиноиды и эйкозаноиды: биосинтез, механизмы их взаимосвязи, роль в иммунных процессах // Ю.К. Караман, Е.Г. Лобанова // Медицинская иммунология. — 2013. — Т.15. № 2. — С. 119–130.
7. European patent application, EP 1598422 A2. Methods and composition for synthesis of long chain polyunsaturated fatty acids in plants / Knutzon [et al.]. — 2005.
8. Titov, V.N. Generality of atherosclerosis and inflammation: the specificity of atherosclerosis as an inflammatory process [Electronic resource] / V.N. Titov // Russian Journal of Cardiology. 1999. Issue 5. Available at: <http://medi.ru/doc/6690510.htm/>
9. Сергеева, М.Г. Каскад арахидоновой кислоты / М.Г. Сергеева, А.Т. Варфоломеева. — М.: Народное образование, 2006. — 256 с.
10. Harris, W.S. The omega-3 index as a risk factor for coronary heart disease [Text] / W.S. Harris // American Journal of Clinical Nutrition. — 2008. — Vol. 87, Issue 6. — P. 1997S–2002S.
11. Fats and fatty acids in human nutrition. Report of an expert consultation. FAO Food and Nutrition. Paper 91. Rome: United Nations Food and Agriculture Organization of the United Nations; 2010. — 166 p.
12. Остряков, А.Н. Купажированное растительное масло — функциональный продукт питания / А.Н. Остряков, М.В. Копылов // Успехи естествознания. — 2011. — №7. — С. 171–172.
13. Масло кукурузное. Технические условия: ГОСТ 8808–2000. — Введ. 01.01.2003. — Москва: Стандартинформ, 2003. — 18 с.
14. Масла растительные и продукты со смешанным составом жировой фазы. Метод обнаружения фальсификации: ГОСТ 30623–2018. — Введ. 01.01.2020. — Москва: Стандартинформ, 2018. — 20 с.
15. Масла растительные. Метод определения жирнокислотного состава: ГОСТ 30418–96. — Введ. 01.01.1998. — Минск: Межгосуд. совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1998. — 5 с.
16. Масла растительные и жиры животные. Получение метиловых эфиров жирных кислот: ГОСТ 31665–2012. — Введ. 01.02.2015. — Минск: Госстандарт, 2015. — 12 с.

17. Органолептический анализ. Методология. Методы профильного анализа флейвора: СТБ ИСО 6564–2007. — Введ. 01.07.2007. — Минск: Госстандарт, 2007. — 12 с.
18. Органолептический анализ. Руководство по оценке цвета пищевых продуктов: ГОСТ ISO 11037–2013. — Введ. 01.03.2016. — Минск: Госстандарт, 2014. — 20 с.
19. Масла растительные и жиры животные. Метод определения перекисного числа: СТБ ГОСТ Р 51487–2001. Введ. 01.11.2002. — Минск: Госстандарт, 2002. — 12 с.
20. Масла растительные. Методы определения кислотного числа: ГОСТ 31933–2012. Введ. 01.02.2012. — Минск: Госстандарт, 2012. — 12 с.
21. Санитарные нормы и правила «Требования к продовольственному сырью и пищевым продуктам», гигиенический норматив «Показатели безопасности и безвредности для человека продовольственного сырья и пищевых продуктов»: утв. постановлением М-ва здравоохранения Респ. Беларусь от 21 июня 2013 г. № 52 [Электронный ресурс] / Респ. центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья. Министерство здравоохранения Респ. Беларусь. — Минск, 2013. — Режим доступа: <http://www.rcheph.by>. — Дата доступа: 04.05.2019.
22. ТР ТС 027/2012 «О безопасности отдельных видов специализированной пищевой продукции, в том числе диетического лечебного и диетического профилактического питания». утв. Решением Совета ЕЭК от 15.06.2012 г. № 34. — Режим доступа: [www.eaeunion.org](http://www.eaeunion.org). — Дата доступа : 24.05.2019.
23. Косман, В.М. Сравнительный анализ требований к качеству рыбьего жира для пищевого и медицинского применения / В.М. Косман, Д.В. Демченко, О.Н. Пожарицкая, А.Н. Шиков, В.Г. Макаров // Вопросы питания. — М: Издательская группа «ГЭОТАР-Медиа». — 2016. — Том 85. — С. 110–116.
24. Жировые продукты для здорового питания. Современный взгляд / Л.Г. Ипатова [и др.]. — М.: ДеЛи принт, 2009. — 396 с.
25. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации. Методические рекомендации. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. — 36 с.
26. Санитарные нормы и правила «Требования к питанию населения: нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения для различных групп Республики Беларусь», утв. постановлением Мин-ва здравоохранения Респ. Беларусь, 20 ноября 2012 г. № 180, с изм., утв. постановлением Мин-ва здравоохранения Респ. Беларусь, 16 ноября 2015 г. № 111. [Электронный ресурс] / Респ. центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья, Мин-во здравоохранения Республики Беларусь. — Минск, 2015. — Режим доступа : <http://www.rcheph.by>. — Дата доступа : 05.04.2019.
27. Единые санитарно-эпидемиологические и гигиенические требования к продукции (товарам), подлежащей санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю), утв. Решением Комиссии таможенного союза от 28 мая 2010 года № 299. (с изм., 21 мая 2019 г. № 78). — Режим доступа: [www.eaeunion.org](http://www.eaeunion.org). — Дата доступа : 24.05.2019.
28. Никитенко, А.Н. Исследование влияния термообработки на окислительную устойчивость купажей растительных масел в различных средах / А.Н. Никитенко, С.А. Ламоткин, М.И. Леснева, А.В. Стрибуть, В.О. Мартинчик, Г.Н. Ильина // Труды БГТУ. Сер. 2, Химические технологии, биотехнологии, геоэкология. — Минск: БГТУ, 2019. — № 1 (217). — С. 54–61.
29. ТР ТС 024/2011 «Технический регламент на масложировую продукцию». утв. Решением Комиссии ТС от 9.12.2011 г. № 883. — Режим доступа: [www.eaeunion.org](http://www.eaeunion.org). — Дата доступа: 24.05.2019.

## References

1. Nazarov P., Mjagkova G., Groza N. *Polyunsaturated fatty acids as universal endogenous bioregulators*. The journal Fine Chemical Technologies (Vestnik MITHT), 2009, vol. 4, no. 5, pp. 3–19 (in Russian).
2. Guzik E.O. *Gigienicheskaja ocenka faktorov riska neinfekcionnyh zabolevanij u shkol'nikov [Hygienic assessment of risk factors for noncommunicable diseases in schoolchildren]*. Zdorov'e i okruzhajushhaja sreda. Sbornik nauchnyh trudov. — no. 20. — М : GU «Respublikanskaja nauchnaja medicinskaja biblioteka», 2012, pp. 162–168 (in Russian).
3. Dolgoljuk I.V., Tereshhuk L.V., Trubnikova M.A., Starovojtova K.V. *Rastitel'nye masla — funkcional'nye produkty pitaniya [Vegetable oils — functional foods]*. Food processing: techniques and technology, 2014. no 2, pp. 122–125 (in Russian).
4. Cunnane S.C. *Problems with essential fatty acids time for a new paradigm*. Prog. Lipid Res, 2003, vol. 42, no. 6, pp. 544–568.
5. Din J.N. *Omega 3 fatty acids and cardiovascular disease-fishing for a natural treatment*. BMJ, 2004, vol. 328, pp. 30 — 35. doi: 10.1136/bmj.328.7430.30.

6. Karaman Ju.K., Lobanova E.G. Jendokannabioidy i jejkozanoidy: biosintez, mehanizmy ih vzaimosvjazi, rol' v immunnyh processah [*Endocannabinoids and eicosanoids: biosynthesis, mechanisms of their relationship, role in immune processes*]. Medical Immunology, 2013, vol. 15, no 2. pp. 119–130 (in Russian).
7. Knutson D., e.a. *Methods and composition for synthesis of long chain polyunsaturated fatty acids in plants*. European patent, no. 1598422 A2, 2005.
8. Titov V.N. *Generality of atherosclerosis and inflammation: the specificity of atherosclerosis as an inflammatory process*. Russian Journal of Cardiology, 1999, Issue 5. Available at: <http://medi.ru/doc/6690510.htm>
9. Sergeeva M.G., Varfolomeeva A.T. Kaskad arahidonovoj kisloty [*Arachidonic acid cascade*]. Moscow. Public education, 2006, 256 p. (in Russian).
10. Harris W.S. *The omega-3 index as a risk factor for coronary heart disease*. American Journal Clin. Nutrition, 2008, vol. 87, Issue 6, pp. 1997S–2002S.
11. Fats and fatty acids in human nutrition: report of an expert consultation. FAO Food and Nutrition. Paper 91. Rome: United Nations Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2010, 166 p.
12. Ostrjakov A.N., Kopylov M.V. Kupazhirovannoe rastitel'noe maslo — funkcional'nyj produkt pitaniya [*Blended vegetable oil — a functional food*]. Advances in current natural sciences, 2011, no.7, pp. 171–172 (in Russian).
13. GOST 8808–2000. Maslo kukuruznoe. Tehnicheskie uslovija. [*Interstate standard 8808–2000. Corn oil. Technical specifications*]. Moscow, Standartinform Publ., 2003. 18 p. (in Russian).
14. GOST 30623–2018. Masla rastitel'nye i produkty so smeshannym sostavom zhirovoj fazy. Metod obnaruzhenija fal'sifikacii. [*Interstate standard 30623–2018. Vegetable oils and products with a mixed composition of the fat phase. Tamper Detection Method*]. Moscow, Standartinform Publ., 2018. — 20 p. (in Russian).
15. GOST 30418–96. Masla rastitel'nye. Metod opredelenija zhirnokislотного состава [*Interstate standard 30418–96. Vegetable oils. Method for determination of fatty acid composition*]. Minsk, Mezhgosudarstvennyy sovet po standartizatsii, metrologii i sertifikatsii Publ., 1998. 5 p. (in Russian).
16. GOST 31665–2012. Masla rastitel'nye i zhiry zhivotnye. Poluchenie metilovyh jefirov zhirnyh kislot [*Interstate standard 31665–2012. Vegetable oils and animal fats. Preparation of fatty acid methyl esters*]. Minsk, Gosudarstvennyy komitet po standartizatsii Respubliki Belarus Publ., 2015. 12 p. (in Russian).
17. STB ISO 6564–2007. Organolepticheskiy analiz. Metodologija. Metody profil'nogo analiza flevora [*State Standard 6564–2007. Organoleptic analysis. Methodology. Flavor profile analysis methods*]. Minsk, Gosudarstvennyy komitet po standartizatsii Respubliki Belarus Publ., 2007. 12 p. (in Russian).
18. GOST ISO 11037–2013. Organolepticheskiy analiz. Rukovodstvo po ocenke cveta pishhevyyh produktov [*Interstate standard 11037–2013. Organoleptic analysis. Food color assessment guide. Interstate standard*]. Minsk, Gosudarstvennyy komitet po standartizatsii Respubliki Belarus Publ., 2014. 20 p. (in Russian).
19. STB GOST R 51487–2001. Masla rastitel'nye i zhiry zhivotnye. Metod opredelenija perekisnogo chisla [*State Standard 51487–2001. Vegetable oils and animal fats. Method for determining the peroxide value*]. Minsk, Gosudarstvennyy komitet po standartizatsii Respubliki Belarus Publ., 2002. 12 p. (in Russian).
20. GOST 31933–2012. Masla rastitel'nye. Metody opredelenija kislотного chisla [*Interstate standard 31933–2012. Vegetable oils. Acid Number Determination Methods*]. Minsk, Gosudarstvennyy komitet po standartizatsii Respubliki Belarus Publ., 2012. 12 p. (in Russian).
21. Sanitary norms and rules „Requirements for food raw materials and food products, hygienic standard “Safety and harmlessness indicators for human food raw materials and food products”, June 21, 2013 No. 52. Available at: <http://www.rcheph.by>. (Accessed 04 April 2019).
22. TP TS 027/2012 On the safety of certain types of specialized food products, including dietary therapeutic and preventive dietary nutrition. Moscow, Komissiya Tamozhennogo soyuza Publ., 2011. 28 p. (in Russian).
23. Kosman V.M., Demchenko D.V., Pozharickaja O.N., Shikov A.N., Makarov V.G. Sravnitel'nyj analiz trebovanij k kachestvu ryb'ego zhira dlja pishhevogo i medicinskogo primenenija [*Comparative analysis of fish oil quality requirements for food and medical use*] Problems of nutrition, 2016, vol. 85, pp. 110–116 (in Russian).
24. Ipatova L.G., Kochetkova A.A., Tutel'yan V.A., Nechaev A.P. Zhirovyje produkty dlya zdorovogo pitaniya. Sovremennyy vzglyad [*Fat products for a healthy diet. Modern look*]. Moscow, DeLi print Publ., 2009. 396 p. (in Russian).
25. Normy fiziologicheskikh potrebnostey v energii i pishchevykh veshchestvakh dlya razlichnykh grupp naseleniya Rossiyskoy Federatsii. Metodicheskiye rekomendatsii [*Norms of physiological needs for energy and nutrients for various groups of the population of the Russian Federation. Guidelines*]. Moscow, Federalnyy tsentr gigieny i epidemiologii Rospotrebnadzora Publ., 2009. 36 p. (in Russian).
26. Sanitarnye normy i pravila «Trebovanija k pitaniyu naselenija: normy fi-ziologicaleskikh potrebnostey v jenerгии i pishhevyyh veshchestvakh dlja razlichnykh grupp naselenija dlja razlichnykh grupp Respubliki Belarus'», 20 nojabrja 2012. № 180 [*Sanitary norms and rules “Requirements for the nutrition of the population: norms of the physiological requirements for energy and nutrients for various groups of the population*



- for various groups of the Republic of Belarus”, 20.11.2012. № 180] Minsk, Available at: <http://www.rcheph.by>. (Accessed 04 April 2020) (in Russian).
27. Edinye sanitarno-jepidemiologicheskie i higienicheskie trebovanija k produkcii (tovaram), podlezhashhej sanitarno-jepidemiologicheskomu nadzoru (kontrolju), utv. Resheniem Komissii tamozhennogo sojuza ot 28 maja 2010 № 299 [Unified sanitary and epidemiological and hygienic requirements for products (goods) subject to sanitary and epidemiological surveillance (control), approved. By the decision of the Commission of the Customs Union of May 28, 2010 No. 299] Available at: [www.eaeunion.org](http://www.eaeunion.org). (Accessed 04 April 2019) (in Russian).
  28. Nikitenko A.N., Lamotkin S.A., Lesneva M.I., Stribut' A.V., Martinchik V.O., Il'ina G.N. Study of the influence of heat treatment on the oxidative stability of blends of vegetable oils in various environments. Trudy BGTU [Proceedings of BSTU], 2019, Issue 2. no. 1 (217), Chemical engineering, Biotechnology, Geocology, pp. 54–61. Available at: <https://elib.belstu.by/handle/123456789/28371> (in Russian).
  29. TP TS 024/2011 Technical regulations for oil and fat products, approved by the decision of the Commission of the CU, 9.12.2011, No. 883. 28 p. (in Russian).

#### Информация об авторах

*Никитенко Анастасия Николаевна* — кандидат технических наук, доцент кафедры физико-химических методов сертификации продукции учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет» (ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: dennast9@mail.ru.

*Ламоткин Сергей Александрович* — кандидат химических наук, доцент, доцент кафедры физико-химических методов сертификации продукции учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет» (ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: jossby@rambler.ru.

*Мазур Анатолий Макарович* — доктор технических наук, профессор учреждения образования «Белорусский государственный аграрный технический университет» (пр. Независимости, 99, 220023, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: 6557206@mail.ru.

*Сербин Иван Сергеевич* — студент учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет» (ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: serbvano@mail.ru.

*Война Юлия Сергеевна* — студентка учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет» (ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: yuliya.voina1@mail.ru.

#### Information about authors

*Nikitenko Anastasia N.* — PhD (Engineering), Assistant Professor, the Department of Physical and Chemical Methods for Products Certification of the Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: dennast9@mail.ru.

*Lamotkin Sergey Aleksandrovich* — PhD (Chemistry), Associate Professor, Assistant Professor, the Department of Physical and Chemical Methods for Products Certification of the Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: jossby@rambler.ru.

*Mazur Anatoly M.* — Doctor of technical sciences, professor of the Belarusian State Agrarian Technical University (99, Nesavisimosti av., 220023, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: 6557206@mail.ru.

*Serbin Ivan S.* — student of the Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: serb\_vano@mail.ru.

*Yuliya Voina S.* — student of the Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus) E-mail: yuliya.voina17@mail.ru.

УДК 637.531.45

Поступила в редакцию 17.01.2020  
Received 17.01.2020**В.Я. Груданов, А.А. Бренч, Л.Т. Ткачева, А.М. Мазур***Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный технический университет»,  
г. Минск, Республика Беларусь***ТОНКОЕ ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ МЯСНОГО СЫРЬЯ НА ЭМУЛЬСИТАТОРАХ  
С НОВЫМ РЕЖУЩИМ МЕХАНИЗМОМ**

**Аннотация.** В статье предлагается уравнения, позволяющие оптимизировать геометрические параметры ножевой решетки, по коэффициенту пропускной способности и по площади проходного сечения для всего модельного ряда эмульсаторов; определена оптимальная толщина ножевой решетки; теоретически обосновано применение скользящего резания в трущейся паре нож — решетка и впервые получена формула для определения оптимальной длины режущей кромки лезвия ножа в зависимости от ширины кольцевой рабочей поверхности решетки и ее наружного диаметра; предложена новая инженерная методика для определения конструктивных, геометрических и гидравлических параметров всего режущего механизма и дано ее экспериментальное подтверждение.

**Ключевые слова:** мясное сырье, эмульсатор, режущий механизм, нож, решетка, режущая кромка, коэффициент скольжения, пропускная способность

**V.Ya. Grudanov, A.A. Brench, L.T. Tkacheva, A.M. Mazur***Educational establishment «Belarusian State Agrarian Technical University»,  
Minsk, Republic of Belarus***FINE GRINDING OF RAW MEAT BY USING EMULSITATORS WITH THE  
NEW CUTTING MECHANISM**

**Abstract.** In the article the equations allowing to optimize geometrical parameters of the knife perforated plate by the coefficient of throughput and by the area of the throughput section for the whole model range of emulsitators are offered; the optimal thickness of the knife perforated plate was determined; theoretically, the use of sliding cutting in the rubbing pair of knife - perforated plate is justified, and for the first time the formula for determining the optimal length of the cutting edge of the blade depending on the width of the circular working surface of the perforated plate and its outer diameter is obtained; a new engineering technique for determining the structural, geometric and hydraulic parameters of the entire cutting mechanism is proposed and its experimental confirmation is given.

**Keywords:** raw meat, emulsitor, cutting mechanism, knife, perforated plate, cutting edge, coefficient of sliding friction, throughput

Современное крупное мясоперерабатывающее предприятие эксплуатирует более 400 единиц технологического оборудования и комплексных агрегатов. Основная часть их предназначена для измельчения различного вида сырья: от частей туш животных, блоков жилованного мяса, субпродуктов, до приготовления фаршей и их дальнейшего использования.

По степени измельчения действующее на мясоперерабатывающих предприятиях оборудование можно разделить на машины для крупного, среднего, мелкого, тонкого и сверхтонкого измельчения (волчки, шпигорезки, куттеры, коллоидные машины, эмульсаторы), при этом вид измельчения зависит от способа воздействия режущих инструментов на исходный материал, а для тонкого и сверхтонкого измельчения характерно воздействие резанием, раздавливанием и истиранием. Мелкое, тонкое и сверхтонкое измельчения характеризуются преимущественно дроблением и конечная цель операции — получение однородной массы, обладающей определенными структурно-механическими свойствами, отличающимися ее от исходного сырья. Рабочим органом для тонкого измельчения обычно служит комплект многозубых ножей с решетками, ножей серповидной формы или набор комбинированных режущих деталей специальной формы. При переходе от среднего к сверхтонкому измельчению размер частиц уменьшается более чем в 100 раз. На процесс измельчения в этом случае

существенно влияют структура и физико-механические свойства продукта, конструктивные и геометрические параметры режущего инструмента, режим измельчения, техническое исполнение, состояние машины-измельчителя, точность настройки и регулировки. Эти факторы должны обязательно учитываться при расчете и конструировании машин и их исполнительных органов, основу которых, как правило, представляет собой режущая пара нож-решетка [1, 2].

Однако до настоящего времени не созданы научно-практические и методологические основы для проведения высококачественного процесса тонкого измельчения мясного сырья; конструкции ножей и решеток не взаимосвязаны между собой и не учитывают структурные особенности измельчаемого сырья, такие, как вязкость и упругость.

Эффективность тонкого измельчения в значительной мере зависит от конструктивных и геометрических параметров режущей пары нож-решетка и режимов процесса, от динамических и кинематических характеристик системы: машина — режущий инструмент — сырье. Раскрытие сущности происходящих процессов при тонком и сверхтонком измельчении мясного сырья служит основой для совершенствования действующих и создания новых рабочих органов машин. Таким образом, разработка новых конструкций режущих инструментов для тонкого измельчения мясного сырья и внедрение их в производство является актуальной задачей, решение которой позволит повысить эффективность работы оборудования при улучшении качества готового продукта и снижении энергозатрат [3, 4, 5].

**Предварительные сведения.** На мясоперерабатывающих предприятиях наибольшее применение нашли эмульсаторы KARL SHNELL (KS), получившей всемирную известность в пищевой промышленности.

Машины этого немецкого машиностроительного предприятия отличаются традиционной надежностью и постоянными инновациями с целью разработки и создания экономичных аппаратов высокого качества, адаптированных к конкретным технологическим задачам. В настоящее время фирма KS концентрирует свою деятельность на производстве машин и установок для промышленной переработки мясопродуктов, питания животных, деликатесных продуктов, изделий из плавленого сыра и кондитерских изделий.

Режущий механизм KS состоит из ножевой головки с 2-мя сменными лезвиями, вращающейся вместе с валом двигателя, и сменной измельчительной решетки, закрепленной неподвижно в режущем корпусе. Благодаря возможности осевой регулировки интервала между ножевными вставками и измельчительной решеткой можно регулировать производительность, температуру и степень измельчения продукта. Применяются также ножевые головки с 3-мя и 6-ю сменными лезвиями (вставками).

В стандартной опции машины KS входят:

1. Система резки: две ножевые головки (3 или 6 лучевые); две заменяемые решетки от 0,5 до 18 мм; регулировочная гайка; двухлопастной выбрасыватель.
2. Микропроцессорное управление.
3. Контроль температуры продукта.
4. Откидная разгрузочная труба.
5. Отдельный пульт управления.
6. Откидная решетка на приемной воронке.

Технические характеристики эмульсаторов фирмы KS приведены в табл. 1.

Таблица 1. Технические характеристики эмульсаторов фирмы KS  
Table 1. Technical characteristics of the emulsators of KS company

| Модель                | Диаметр режущего блока, мм | Объем воронки, л | Число оборотов, об/мин | Мощность двигателя, кВт | Производительность, кг/ч | Масса, кг |
|-----------------------|----------------------------|------------------|------------------------|-------------------------|--------------------------|-----------|
| FD 225/100            | 225                        | 165              | 2975                   | 74                      | 3500                     | 960       |
| FD 225/130            | 225                        | 165              | 2960                   | 95                      | 4500                     | 1020      |
| FD 225/140            | 225                        | 165              | 2950                   | 107                     | 5500                     | 1050      |
| FV 175/30             | 175                        | 30               | 1450/2900              | 7,5/10                  | *                        | 500       |
| FV 175/100            | 175                        | 100              | 1450/2900              | 7,5/10                  | *                        | 950       |
| FV 175/160            | 175                        | 160              | 1450/2900              | 7,5/10                  | *                        | 1150      |
| F28/F46/F75/F100/KBFG | 200/248/320                | 80-150           | 2880                   | 21-74                   | 1800-400                 | 570-735   |
| Настольный эмульсатор | 86                         | 30               | 5700                   | 5,5                     | 90-800                   | 85        |
| F/F18/F25             | 150/200                    | 50               | 2880                   | 7-18                    | 800-1800                 | 100-210   |

\* — производительность зависит от вида сырья, степени измельчения и диаметра отверстий решеток.

### Ножевые решетки. Построение математической модели.

Как видно из табл. 1 наружный диаметр ножевых решеток изменяется от 86 до 225 мм; диаметр отверстий перфорации ножевых решеток изменяется от 0,5 до 18 мм, а их количество — от 90 до 6000 шт., при этом ножевые головки могут иметь 2, 3 и 6 лезвий (вставок). Анализ конструкции режущего механизма фирмы KS и изучение опыта эксплуатации эмульсаторов этой фирмы на промышленных предприятиях, в частности, на Ошмянском мясокомбинате, свидетельствуют о наличии существенных недостатков в конструкции ножа и ножевых решеток, основные из которых сводятся к следующему:

- ♦ при уменьшении диаметра отверстий и увеличении их количества проходное (живое) сечение ножевой решетки уменьшается, что снижает производительность, ухудшает качество продукта и увеличивает удельные энергозатраты;
- ♦ ножевые решетки, входящие в стандартный комплект машины имеют одинаковую толщину равную 10 мм, а это означает, что в процессе измельчения сырья каждая ножевая решетка имеет различное гидравлическое сопротивление, причем с уменьшением диаметра отверстий и увеличении их количества гидравлическое сопротивление решетки возрастает, что приводит к резкому увеличению энергозатрат вплоть до остановки машины.

Так, например, расчеты показывают:

- ♦ при диаметре отверстий  $d_0 = 10$  мм в ножевой решетке с наружным диаметром  $D_n = 200$  мм и количестве отверстий  $Z_0 = 90$  коэффициент пропускной способности  $K = 0,248$ ;
- ♦ при  $d_0 = 5$  мм;  $Z_0 = 362$  шт. и  $D_n = 200$  мм;  $K = 0,227$ ;
- ♦ при диаметре отверстий  $d_0 = 1,2$  мм в ножевой решетке с наружным диаметром  $D_n = 200$  мм и количестве отверстий  $Z_0 = 5422$  шт., коэффициент пропускной способности  $K = 0,195$ .

Коэффициент пропускной способности характеризует степень использования рабочей площади ножевой решетки и определяется как отношение суммарной площади отверстий к общей площади ножевой решетки, т.е.:

$$K = \frac{\sum f_0}{F_p} \text{ или } K = \frac{f_0 \cdot Z_0}{F_p}, \quad (1)$$

где  $\sum f_0$  — площадь отверстий, мм<sup>2</sup>;  $Z_0$  — количество отверстий, шт.;  $F_p$  — площадь ножевой решетки.

С другой стороны, техническая производительность машины определяется по формуле:

$$Q_m = S \cdot \vartheta_0 \cdot \rho_c \cdot \psi_0, \quad (2)$$

где  $Q_m$  — техническая производительность эмульсатора кг/ч;  $S$  — площадь проходного (живого) сечения ножевой решетки, м<sup>2</sup>;  $\vartheta_0$  — скорость продвижения сырья через отверстия ножевой решетки, м/с;  $\rho_c$  — плотность сырья кг/м<sup>3</sup>;  $\psi_0$  — коэффициент использования площади отверстий ножевой решетки ( $\psi_0 = 0,8–0,9$ ).

Из формулы (2) следует, что при переходе решетки на другую с более мелкими отверстиями (из одного комплекта), при уменьшении  $S$  имеет место падение  $Q_m$ , что недопустимо. Ножевые решетки входящие в стандартный комплект режущих инструментов эмульсатора, должны иметь равное проходное (живое) сечение между собой, независимо от диаметра отверстий и их количества, при этом геометрические параметры ножевых решеток необходимо связывать определенными соотношениями.

При этом предлагается новая формула для определения количества отверстий в ножевой решётке:

$$Z_{n+1} = Z_n \left( \frac{d_n}{d_{n+1}} \right)^2, \quad (3)$$

где  $z_n$  — количество отверстий в решетке с отверстиями наибольшего диаметра;  $z_{n+1}$  — количество отверстий в решетке с отверстиями наименьшего диаметра;  $d_n, d_{n+1}$  — диаметр отверстий соответственно в решетках с крупными отверстиями и более мелкими.

Применение данной формулы позволяет получить одинаковую пропускную способность всех решеток, входящих в стандартный набор [5].

Однако, как показывают расчеты, даже при постоянном значении проходного (живого) сечения с уменьшением диаметра отверстий при увеличении их количества резко возрастает гидравлическое сопротивление решетки, которое складывается из местных и линейных потерь давления. В этом случае потери давления (линейные)  $\Delta p$  можно существенно снизить за счет уменьшения толщины ножевой решетки, при этом новая толщина решетки должна быть определена по формуле (вывод формулы представлен в диссертации):



$$b_{n+1} = b_n \frac{b_{n+1} \cdot Z_n}{b_n \cdot Z_{n+1}}, \text{ при этом } \Delta\rho_{n+1} = \Delta\rho_n, \quad (4)$$

где  $b_{n+1}$  – толщина решетки с наименьшим диаметром отверстий;  $b_n$  – толщина решетки с наибольшим диаметром отверстий;  $n$  – порядковый номер ножевой решетки.

Таким образом, применение данной математической модели и формул (10) и (11) позволяют получить:

- ♦ одинаковую пропускную способность по всей рабочей поверхности ножевой решетки независимо от диаметра отверстий и их количества;
- ♦ постоянное значение проходного (живого) сечения ножевых решеток с различными диаметрами отверстий и их количества;
- ♦ равное гидравлическое сопротивление решеток при изменении диаметра отверстий и их количества.

Используя формулы (3) и (4) можно определить оптимальные параметры новых ножевых решеток, входящих в комплект режущих инструментов эмульсатора, которые представлены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2. Конструктивные параметры ножевых решеток  
Table 2. Design features of the knife perforated plates

| № п/п | Параметр                                             | Обозначение | Серийные решетки |       |       | Новые решетки |       |       |
|-------|------------------------------------------------------|-------------|------------------|-------|-------|---------------|-------|-------|
| 1     | Наружный диаметр решетки, мм                         | $D_H$       | 200              |       |       | 200           |       |       |
| 2     | Общая площадь решетки, мм <sup>2</sup>               | $F_p$       | 314000           |       |       | 314000        |       |       |
| 3     | Диаметр отверстий, мм                                | $d_o$       | 10               | 5     | 1,2   | 10            | 5     | 1,2   |
| 4     | Количество отверстий, шт.                            | $Z_o$       | 90               | 362   | 5422  | 90            | 397   | 6887  |
| 5     | Площадь проходного (живого) сечения, мм <sup>2</sup> | $S$         | 77851            | 71092 | 61290 | 77851         | 77910 | 77859 |
| 6     | Коэффициент пропускной способности решетки           | $K$         | 0,248            | 0,227 | 0,195 | 0,248         | 0,248 | 0,248 |
| 7     | Толщина ножевых решеток, мм                          | $b$         | 10               | 10    | 10    | 10            | 5     | 3     |

Из данных табл. 2 видно, что новые ножевые решетки при диаметрах отверстий 10, 5 и 1,2 мм имеют одинаковое проходное (живое) сечение при  $K=\text{const}$  по сравнению с серийными, для которых  $K \neq \text{const}$ .

Кроме того, уменьшение толщины у новых решеток с 10 мм до 5 мм и до 3 мм соответственно обуславливает равенство их гидравлических сопротивлений по линейным потерям давления. Таким образом, новые ножевые решетки обеспечивают одинаковую производительность эмульсатора.

#### Режущий механизм. Построение математической модели.

При скользящем резании сопротивление перерезанию волокон и стенок клеток продукта уменьшается с возрастанием угла скольжения или, что то же самое, – с увеличением коэффициента скольжения и длины режущей кромки лезвия. Поэтому в системе нож-решетка необходимо использовать не только законы скользящего резания, но и максимальную длину режущей кромки лезвия. На рис. 1 представлена схема для определения коэффициента скольжения по длине прямолинейного лезвия в трущейся паре нож-решетка.

Как видно из рис. 1 коэффициент скольжения  $K_\beta$  определяется по формуле:

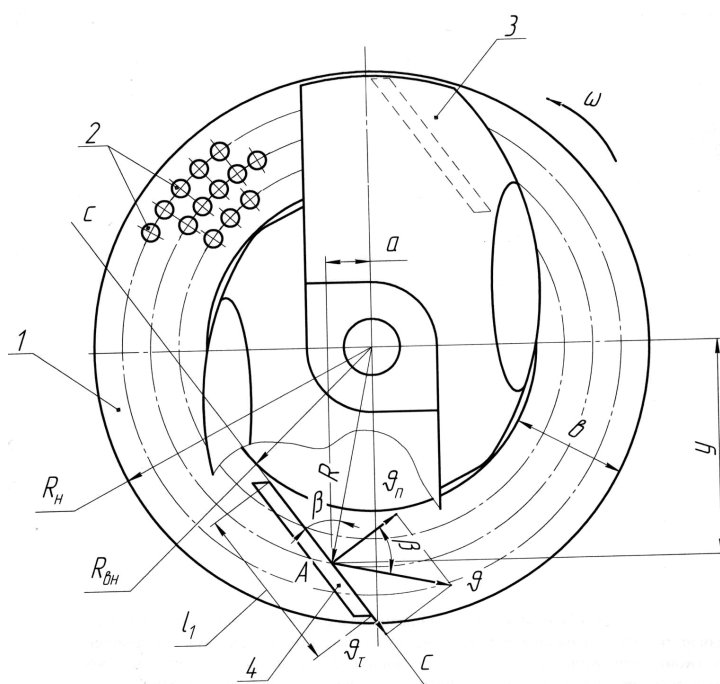
$$K_\beta = \frac{v_r}{v_n} = \text{tg } \alpha. \quad (5)$$

Режущая кромка лезвия 4 вращающегося ножа 3 проходит по касательной С-С к внутренней окружности  $R_{\text{вн}}$  и в этом случае длина  $l$  режущей кромки лезвия 4 будет максимальной, а коэффициент скольжения  $K_\beta$  – наибольшим.

В точке  $B$  ( $y=0$ ),  $V_n=0$  и  $K_\beta=\infty$ , т.е. резания не будет. При увеличении  $y$   $K_\beta$  уменьшается. При  $y=\text{const}$   $K_\beta$  возрастает с увеличением  $a$ . Если  $a=0$

$K_\beta=0$  – имеет место рубящее резание.

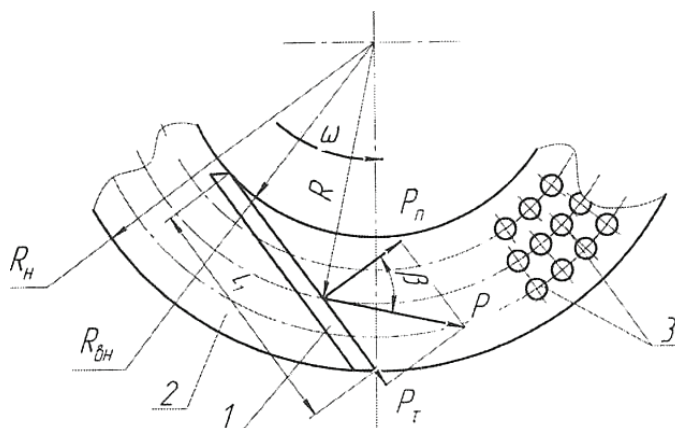
Таким образом, расположение режущей кромки лезвия наклонено по касательной С-С к внутренней окружности  $R_{\text{вн}}$  ножевой решетки позволяет получить наибольшую длину  $l$  лезвия 4 и, как следствие, создать наилучшие условия для скользящего резания и процесса измельчения в целом.



1 — ножевая решетка; 2 — отверстие перфорации; 3 — вращающийся нож; 4 — лезвие ножа;  $l$  — длина режущей кромки лезвия;  $R_n$  — наружный радиус решетки;  $R_{вн}$  — внутренний радиус решетки; C-C — касательная к внутренней окружности  $R_{вн}$ ;  $V$  — линейная скорость произвольной точки A;  $V_n$ ,  $V_r$  — нормальная и составляющая линейной скорости  $V$ ;  $\beta$  — угол скольжения;  $a$ ,  $y$  — координаты точки A;  $R$  — радиус вращения точки A;  $b$  — ширина кольца

Рис. 1. Схема для определения коэффициента скольжения по длине прямолинейного лезвия  
Fig. 1. Scheme for determining the coefficient of sliding along the length of a straight blade

С увеличением коэффициента скольжения  $K_\beta$  суммарная сил сопротивления перерезанию продукта  $P$  и ее нормальная составляющая  $P_n$  уменьшаются, что и приводит к снижению энергозатрат на процесс измельчения.



$P$  — сила сопротивления перерезанию продукта;  $P_n$  — нормальная составляющая силы  $P$ ;  $P_r$  — касательная составляющая силы  $P$ ;  $\beta$  — угол скольжения

Рис. 2. Схема определения длины режущей кромки лезвия ножа  
Fig. 2. Scheme for determining the length of the cutting edge of the knife blade

Нормальная  $P_n$  и касательная  $P_r$  составляющие сопротивления перерезанию  $P$  (рис. 2) определяются по формулам:

$$P_n = P \cos \beta = ql \cos^2 \beta; \quad (6)$$

$$P_\tau = P \sin \beta = ql \sin \beta \cdot \cos \beta, \quad (7)$$

где  $q$  — удельное сопротивление продукта на единицу длины лезвия,  $H \cdot м$ ;  $l$  — длина режущей кромки лезвия ножа, участвующая в отрезании слоя продукта,  $м$ .

$$P = q \cdot l \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + K_\beta^2}}; \quad (8)$$

$$P_n = q \cdot l \cdot \frac{1}{1 + K_\beta^2}; \quad (9)$$

$$P_\tau = q \cdot l \cdot \frac{K_\beta^2}{1 + K_\beta^2}. \quad (10)$$

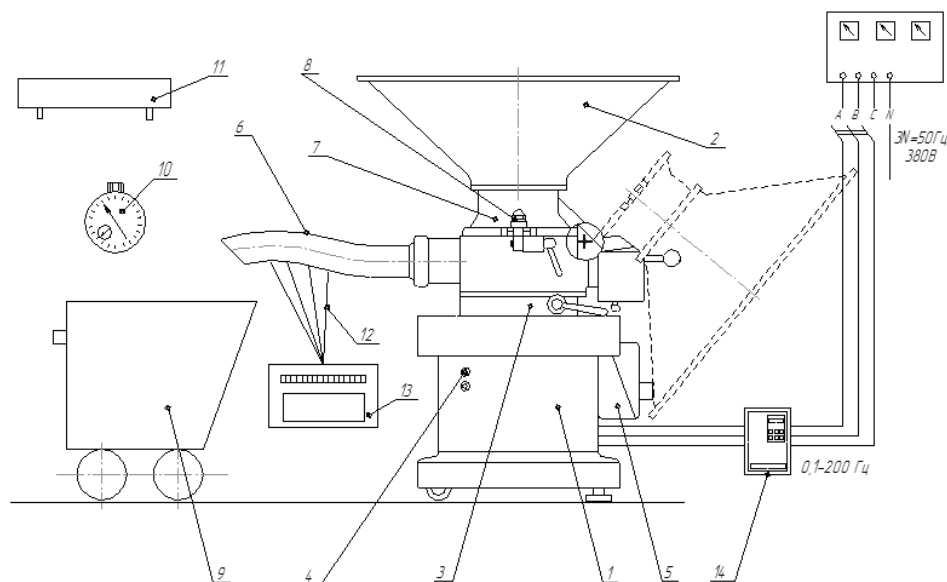
Из формул (8-10) следует, что с увеличением коэффициента скольжения  $K_\beta$  суммарная сила сопротивления перерезания  $P$  и ее нормальная составляющая  $P_n$  уменьшаются, причем  $P_n$  более значительно, чем  $P$ . Касательная составляющая  $P_\tau$  вначале возрастает, достигая максимума при  $K_\beta = 1$ , после чего убывает, приближаясь по величине к  $P$ .

Из рис. 2 определяем оптимальную длину режущей кромки лезвия ножа:

$$L = \sqrt{b^2 + 2R_n(R_n - b)}, \quad (11)$$

где  $b$  — ширина кольца (рабочей поверхности решетки).

**Экспериментальные исследования.** В колбасном цеху ОАО «Ошмянский мясокомбинат» для проведения исследований был изготовлен экспериментальный стенд, состоящий из промышленного эмульсатора KS F10/031 и контрольно-измерительных приборов (рис. 3). Внешний вид экспериментального стенда представлен на рис. 4. В качестве модельного тела в экспериментах использовалось мясное сырье, измельченное предварительно на волчке типа МП-1-160.



- 1 — корпус; 2 — загрузочный бункер; 3 — горловина; 4 — пульт управления;  
 5 — фиксатор загрузочного бункера; 6 — патрубок для отвода продукта; 7 — режущий механизм;  
 8 — предохранительное устройство; 9 — тележка; 10 — секундомер;  
 11 — весы электронные ВР-03МС; 12 — термопары;  
 13 — милливольтметр; 14 — милливольтметр частотный преобразователь Delta VFD

Рис. 3. Схема экспериментального стенда

Fig. 3. Scheme of the experimental stand



Рис. 4. Внешний вид экспериментального стенда  
Fig. 4. Results of the experiment

После обработки результатов эксперимента получены графические зависимости прироста температуры, производительность эмульсатора, удельной энергоемкости процесса от управляемых переменных: коэффициента проходного сечения решетки, толщины решетки, частоты вращения и коэффициента заполнения воронки (рис. ).

На основании экспериментальных данных и анализа значимости влияния каждого входного параметра были получены аналитические зависимости (12–14), позволяющие определять прирост температуры, производительность эмульсатора, удельную энергоемкость процесса при изменении режимно-конструктивных параметров работы в пределах варьирования факторов:

$$\Delta t = 0,0038 K_{np}^{-1,29} \sigma^{0,63} n^{0,66}, \quad (12)$$

$$\Pi = 70,53 K_{np}^{1,05} n^{0,51}, \quad (13)$$

$$n_{y\partial} = 0,13 K_{np}^{-0,72} \sigma^{0,15} n^{0,44}. \quad (14)$$

Выполнена оценка адекватности расчетных зависимостей реальному процессу и сделан анализ погрешностей измерений.

Анализируя полученные графические и математические зависимости, установлено, что наибольшее влияние на прирост температуры оказывает коэффициент проходного сечения решетки, ее толщина и частота вращения ножа. Причем, как видно из графиков, при одинаковой степени измельчения ( $d_0 = 10$  мм) использование разработанной конструкции режущего механизма снижает прирост температуры сырья на 18,3 % по сравнению с серийным. При  $d_0 = 5$  мм применение нового режущего механизма позволяет снизить прирост температуры на 15,1 %.

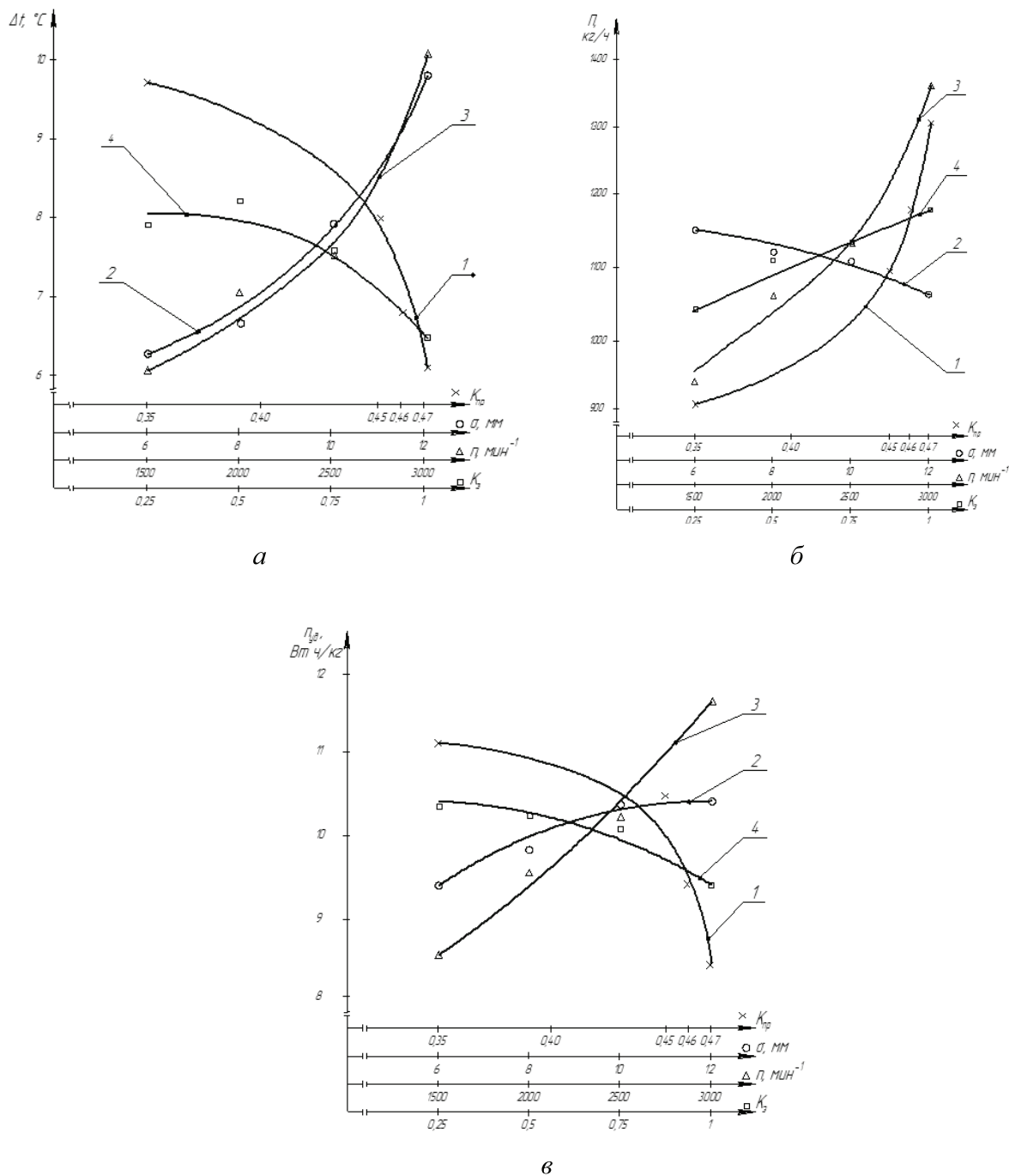
Определяющими параметрами, влияющими на производительность, являются коэффициент проходного сечения решетки и частота вращения ножа. При одинаковой степени измельчения ( $d_0 = 10$  мм) использование разработанной конструкции решетки повышает производительность на 18,1 % по сравнению с серийной. При  $d_0 = 5$  мм применение нового режущего инструмента позволяет повысить производительность на 10,3 %.

Главными параметрами, влияющими на энергоемкость процесса тонкого измельчения, из исследуемых параметров являются коэффициент проходного сечения решетки, ее толщина и частота вращения ножа. Как видно из графиков, при одинаковой степени измельчения ( $d_0 = 10$  мм) использование разработанного режущего механизма позволяет уменьшить удельную энергоемкость на 7,1 %. Использование нового режущего механизма с диаметрами отверстий решетки  $d_0 = 5$  мм позволяет уменьшить удельную энергоемкость на 10,8 % [6–11].



**Практическое внедрение.**

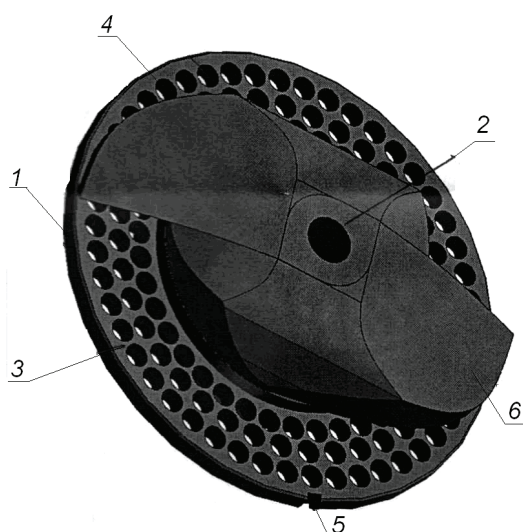
Разработан полный комплект конструкторской документации на новые ножевые решетки и вращающиеся ножи, изготовлены опытные образцы ножевых решеток с диаметрами отверстий 3, 5, 8 и 10 мм и вращающиеся ножи со смещенной режущей кромкой относительно радиуса вращения. На рисунке 6 показан опытный образец нового режущего механизма.



1 –  $K_{np}$ ; 2 –  $\sigma$ , 3 –  $n$ , 4 –  $K_3$ ; а – зависимость прироста температуры от управляемых переменных;  
 б – зависимость производительности от управляемых переменных;  
 в – зависимость удельной энергоёмкости эмульсатора от управляемых переменных

Рис. 5. Результаты эксперимента

Fig. 5. Exterior view of the new cutting mechanism of emulsators



1 — основание ножевой решетки; 2 — центральное посадочное отверстие;  
3 — рабочая поверхность решетки; 4 — отверстия перфорации; 5 — шпоночный паз, 6 — нож

Рис. 6. Внешний вид нового режущего механизма эмульсатора

Fig. 6. Appearance of the new cutting mechanism of the emulsifier

Новые ножевые решетки эмульсатора, согласно математической модели, имеют одинаковую пропускную способность по всей рабочей поверхности и равное гидравлическое сопротивление за счет уменьшения толщины решеток при переходе на более мелкие отверстия перфорации. Режущие кромки лезвий ножа выполнены наклонно по касательной к внутреннему радиусу ножевой решетки и имеют максимальную длину, что обеспечивает высококачественный процесс скользящего резания. Опытные образцы новых режущих инструментов прошли производственные испытания в колбасном цеху ОАО «Ошмянский мясокомбинат», которые показали увеличение производительности эмульсаторов на 12–15 % при более качественном тонком измельчении и снижении на 10–15 % удельных энергозатрат на единицу готовой продукции.

Таким образом, в результате проведенных исследований впервые получены уравнения, позволяющие оптимизировать геометрические параметры отдельно взятой ножевой решетки и комплекта ножевых решеток, входящих в стандартный набор, по коэффициенту пропускной способности и по площади проходного (живого) сечения для всего модельного ряда эмульсаторов; выведена формула по определению оптимальной толщины ножевой решетки, позволяющая получить одинаковое значение гидравлического сопротивления всех ножевых решеток между собой, входящих в стандартный набор; теоретически обосновано применение скользящего резания в трущейся паре нож — решетка и впервые получена формула для определения оптимальной длины режущей кромки лезвия ножа в зависимости от ширины кольцевой рабочей поверхности решетки и ее наружного диаметра; предложена новая инженерная методика для определения конструктивных, геометрических и гидравлических параметров всего режущего механизма и дано ее экспериментальное подтверждение. Новые конструкции режущих инструментов защищены патентом на изобретения № 14437, а их опытные образцы успешно прошли производственные испытания в колбасном цеху ОАО «Ошмянский мясокомбинат».

#### Список использованных источников

1. Косой, В.Д. Совершенствование процесса производства вареных колбас. — М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. — 272 с.
2. Корнюшко, Л.М. Оборудование для производства колбасных изделий / Л.М. Корнюшко. — М.: Колос, 1993. — 304 с.
3. Даурский, А.Н. Резание пищевых материалов. Теория процесса, машины, интенсификация / А.Н. Даурский, Ю.А. Мачихин. — М.: Пищевая промышленность, 1980. — 240 с.
4. Груданов, В.Я. Влияние геометрических параметров ножей на качество куттерования / В.Я. Груданов, А.А. Бренч, М.О. Филиппович // Вес. Нац. акад. наук Беларусі. Сер. фіз.-техн. навук. — 2007. — №1. — С. 36–40.

5. Груданов, В.Я. Повышение эффективности работы машин для измельчения мясного сырья / В.Я. Груданов, А.А. Бренч, С.Н.Ходакова, М.О. Филиппович // Агропанорама. — 2007. — №6. — С. 18–21.
6. Бренч, А.А. Повышение эффективности процесса тонкого измельчения мясного сырья в эмульсаторах / А.А. Бренч, М.О. Филиппович, Л.Т. Ткачева // Инженерный вестник. ОО «Белорусское инженерное общество». — 2008. — №1. — С. 79–82.
7. Груданов, В.Я. Тонкое измельчение мясного сырья новым режущим механизмом в эмульсаторах / В.Я. Груданов, А.А. Бренч, Л.Т. Ткачева, М.О. Филиппович // Весці НАН Беларусі. Сер. аграр. Навук. — 2010. — №3. — С. 105–110.
8. Бренч, А.А. Исследование процесса тонкого измельчения мясного сырья в эмульсаторах / А.А. Бренч, А.А. Касперович, М.О. Филиппович // Доклады международной научно-практической конференции «Энергосберегающие технологии и технические средства в сельскохозяйственном производстве». Белорусский государственный аграрный технический университет; редкол. : А.В. Кузьмицкий [и др.]. — Минск, 2008. — С. 249–255.
9. Груданов, В.Я. Технологические особенности получения и использования мясного сырья тонкого измельчения / В.Я. Груданов, В.С. Ветров, А.Н. Измер, Ю.И. Маркевич, М.О. Филиппович // Доклады международной научно-практической конференции «Энергосбережение технологии и технических средств в сельскохозяйственном производстве». Белорусский государственный аграрный технический университет; редкол.: А.В. Кузьмицкий [и др.]. — Минск, 2008. — С. 134–139.
10. Бренч, А.А. Исследование процесса тонкого измельчения мясного сырья в эмульсаторах / А.А. Бренч, Л.Т. Ткачева, М.О. Филиппович, Д.В. Коховец // Доклады VII международной научно-практической конференции «Инновационные технологии в пищевой промышленности» 2–3 октября 2008 г., Минск / РУП «Научно-практический центр национальной академии наук Беларуси по продовольствию»: редкол.: В.Г. Гусаков [и др.]. — Минск, 2008. — С. 180–186.
11. Филиппович, М.О. Разработка методики расчета основных параметров при измельчении мясного сырья на эмульсаторах / М.О. Филиппович, Л.Т. Ткачева, Г.И. Белохвостов // Современная сельскохозяйственная техника: исследования, проектирование, применение: материалы международной научно-практической конференции, Минск, 26–28 мая 2010 г. / УО «Белорусский гос. аграрный техн. ун-т», редкол. В.Н. Дашков [и др.]. — Минск, 2010. — С. 65–67.
12. Устройство для измельчения мясного сырья: пат. № 14437 Респ. Беларусь: МПК 7 B02C18 /30 / В.Я. Груданов, А.А. Бренч, И.Е. Дацук, М.О. Филиппович ; дата публ. 30.10.2010.

## References

1. Kosoy V.D. Sovershenstvovanie protsessa proizvodstva varenykh kolbas [*Improving the production process of cooked sausages*]. Legkaya i pischevaya promyshlennost [*Light and food industry*], 2008, 272 p. (in Russian).
2. Kornjushko L.M. Oborudovanie dlya proizvodstva kolbasnykh izdeliy [*The equipment for sausage products manufacture*]. Spravochnik [*Reference book*]. M., 1993, 304 p. (in Russian).
3. Dauriski A.N. Rezanie pischevykh materialov. Teoriya protsessa, mashiny, intensifikatsiya [*Cutting food materials. The theory of process, machines, intensification*]. M, Pischevaya promyshlennost [*Food industry*], 1980, 240 p. (in Russian).
4. Grudanov V.Ya., Brench A.A., Filipovich M.O. Vliyaniye geometricheskikh parametrov nozhei na kachestvo kutterovaniya [*The effect of the geometrical parameters of the knives on the cutting quality*]. Vestnik Natsionalnoi akademii navuk Belarusi [*Bulletin of the National Academy of Sciences of Belarus*], 2007, no. 1, pp. 36–40 (in Russian).
5. Grudanov V.Ya., Brench A.A., Khodakova S.N., Filipovich M.O. Povysheniye effektivnosti rapoty mashin dlya izmelcheniya myasnogo syrja [*Improving the efficiency of meat grinding machines*]. Agripanorama [*Agripanorama*], 2007, no. 6, pp. 18–21 (in Russian).
6. Brench A.A., Filipovich M.O., Tkacheva L.T. Povysheniye effektivnosti protsessa tonkogo izmelcheniya myasnogo syrja v emulsitorakh [*Improving the efficiency of the fine grinding process of raw meat by using emulsitors*]. Inzhenerny vestnik [*Engineering journal*], 2008, no. 1, pp. 79–82 (in Russian).
7. Grudanov V.Ya., Brench A.A., Tkacheva L.T., Filipovich M.O. Tonkoe izmelcheniye myasnogo syrja novym rezhushchim mekhanizmom v emulsitorakh [*Fine grinding of raw meat by using emulsitors with the new cutting mechanism*]. Vesti NAN Belarusi. Seriya agrarnykh havuk [*Proceedings of NAS of Belarus. Series of Agrarian Sciences*], 2010, no. 3, pp. 105–110 (in Russian).
8. Brench A.A., Kasperovich A.A., Filipovich M.O. Issledovaniye protsessa tonkogo izmelcheniya myasnogo syrja v emulsitorakh [*Research of fine grinding process of raw meat by using emulsitors*]. Doklady mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Energoberegayushchie tekhnologii i tekhnicheskie

- sredstvav selskokhozyaistvennom proizvodstve» [Reports of the International Scientific and Practical Conference “Energy-saving technologies and technical means in agricultural production”]. Minsk, 2008, pp. 249–255 (in Russian).
9. Grudanov V.Ya., Vetrov V.S., Izmer A.N., Markevich Yu.I., Filipovich M.O. Tekhnologicheskie osobennosti polucheniya i ispolzovaniya myasnogo syrjya tonkogo izmelcheniya [Technological features of obtaining and use of raw meat of fine grinding]. Doklady mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Energoberegaushie tekhnologii i tekhnicheskie sredstvav selskokhozyaistvennom proizvodstve» [Reports of the International Scientific and Practical Conference “Energy-saving technologies and technical means in agricultural production”]. Minsk, 2008, pp. 134–139 (in Russian).
  10. Brench A.A., Tkacheva L.T., Filipovich M.O., Kokhovets D.V. Issledovanie protsesssa tonkogo izmelcheniya myasnogo syrjya v emulsitorakh [Research of fine grinding process of raw meat by using emulsitors]. Doklady VII mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii “Innovatsionnye tekhnologii v pischevoi promyshlennosti” [Reports of the VII International Scientific and Practical Conference “Innovative technology in food industry”]. Minsk, 2008, pp. 180–186 (in Russian).
  11. Filipovich M.O., Tkacheva L.T., Belokhovostov G.I. Razrabotka metodiki rascheta osnovnykh parametrov pri izmelchenii myasnogo syrjya na emulsitorakh [Development of the calculation technique of the main parameters at raw meat grinding on emulsitors]. Sovremennaya selskokhozyaistvennaya tekhnika: issledovaniya, proektirovanie, primenenie: materialy mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoy konferentsii [Modern agricultural machinery: research, design, application: materials of the international scientific-practical conference]. Minsk, 2008, pp. 65–67 (in Russian).
  12. Grudanov V.Ya., Brench A.A., Datsuk I.E., Filipovich M.O. Ustroistvo dlya izmelcheniya myasnogo syrjya [The device for grinding of raw meat]. Patent RB, no. 14437, 2010 (in Russian).

#### Информация об авторах

Груданов Владимир Яковлевич — доктор технических наук, профессор, профессор кафедры технологий и технического обеспечения процессов переработки сельскохозяйственной продукции учреждения образования «Белорусский государственный аграрный технический университет» (220123, г. Минск, пр-т Независимости, 99, Республика Беларусь).

Бренч Андрей Александрович — кандидат технических наук, доцент, декан инженерно-технологического факультета учреждения образования «Белорусский государственный аграрный технический университет» (220123, г. Минск, пр-т Независимости, 99, Республика Беларусь). E-mail: abrench@mail.ru

Ткачева Людмила Тимофеевна — кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры управления охраной труда учреждения образования «Белорусский государственный аграрный технический университет» (220123, г. Минск, пр-т Независимости, 99, Республика Беларусь).

Мазур Анатолий Макарович — доктор технических наук, профессор, кафедры технологий и технического обеспечения процессов переработки сельскохозяйственной продукции учреждения образования «Белорусский государственный аграрный технический университет» (220123, г. Минск, пр-т Независимости, 99, Республика Беларусь).

#### Information about authors

Grudanov Vladimir Ya. — Doctor of Engineering Sciences, Professor, Professor of Technologies and Technical Support of Farm Products Processing Department of the Educational establishment «Belarusian State Agrarian Technical University» (99, Nezavisimosti, 220123, Minsk, Republic of Belarus).

Brench Andrey A. — Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Dean of Engineering and Technology faculty of the Educational establishment «Belarusian State Agrarian Technical University» (99, Nezavisimosti, 220123, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: abrench@mail.ru

Tkacheva Lyudmila T. — Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Associate Professor of Occupational Safety Management Department of the Educational establishment «Belarusian State Agrarian Technical University» (99, Nezavisimosti, 220123, Minsk, Republic of Belarus).

Mazur Anatoly M. — Doctor of Engineering Sciences, Professor, Professor of Technologies and Technical Support of Farm Products Processing Department of the Educational establishment “Belarusian State Agrarian Technical University” (99, Nezavisimosti, 220123, Minsk, Republic of Belarus).



**А.И. Василькевич, О.В. Дымар***РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию»,  
г. Минск, Республика Беларусь*

## **АСПЕКТЫ ВЫДЕЛЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФОСФОЛИПИДОВ ПАХТЫ**

**Аннотация.** Переработка пахты является важным вопросом для предприятий молочной промышленности. Фосфолипиды, образующие мембраны жировых глобул молока, являются одним из наиболее ценных компонентов пахты. В данной статье рассмотрена актуальность получения фосфолипидов из молочной пахты и продемонстрировано, что из-за нарушенной структуры мембран жировых глобул для этого целесообразно использовать именно пахту. Мембранные методы, такие как ультрафильтрация и микрофильтрация, позволяют успешно выделять фосфолипиды из молочного сырья, при этом для повышения эффективности процесса можно использовать дополнительные стадии, например, стадию предварительного гидролиза. Полученные концентраты могут использоваться в качестве эмульгатора и стабилизатора для пищевых или фармацевтических продуктов, выступая заменой традиционному соевому лецитину. Концентраты молочных фосфолипидов также являются ценным компонентом функционального питания и могут применяться в продуктах спортивного питания либо для детей раннего возраста. Создание эффективных технологий переработки пахты и разработка рецептур на основе молочных фосфолипидов позволит предприятиям отрасли получить дополнительный доход от новых продуктов, а также снизить затраты на утилизацию отходов производства.

**Ключевые слова:** молочная пахта, ультрафильтрация, микрофильтрация, фосфолипиды

**A.I. Vasilkevich, O.V. Dymar***RUE "Scientific and Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus",  
Minsk, Republic of Belarus*

## **ASPECTS OF BUTTERMILK PHOSPHOLIPIDS SEPARATION AND UTILIZATION**

**Abstract.** Buttermilk treatment and utilization is one of the major issues for milk industry. Buttermilk phospholipids forming milk fat globule membranes is one of the most valuable class of substances. This article reviews the need of phospholipid separation from buttermilk showing why buttermilk is the perfect source for it. Such membrane methods as ultrafiltration and microfiltration allow for successful phospholipids preparation from milk sources. The efficacy can be improved by additional operations, such as hydrolysis. Prepared concentrates can be used as emulsifying or stabilizing agents for pharmaceutical, food and cosmetic products replacing soy lecithin. Milk phospholipid concentrates are valuable component of functional nutrition for sportsmen and kids. Development of new treatment techniques for buttermilk will allow to create the new product with high value and at the same time decreases the costs related to buttermilk utilization.

**Keywords:** buttermilk, ultrafiltration, microfiltration, phospholipid

Одной из важнейших и наиболее актуальных задач, стоящих перед предприятиями молочной промышленности на современном конкурентном рынке, является эффективное использование вторичных ресурсов [1]. В настоящее время наиболее остро стоит вопрос о разработке рациональной схемы переработки молочной пахты.

Молочная пахта — это вторичный продукт при производстве сливочного масла, представляющий собой жидкость, содержащую преимущественно водорастворимые компоненты молока (белок, лактоза, минеральные вещества и др.). Исходным сырьем являются сливки, из которых масло получают методом сбивания или сепарирования [2]. Актуальность переработки связана с тем, что в пахту переходят ценные компоненты молока (белок, лактоза). При этом объемы производства сливочного

масла и существующие технологии не позволяют сделать переработку пахты в малых объемах экономически привлекательной [3, 4].

В поисках способа применения молочной пахты мы обратили внимание на класс соединений, который обычно обходят стороной, обращая внимание на более ценные компоненты молока, такие как жиры, белок, лактоза. В последнее время внимание исследователей привлекли молочные фосфолипиды, которыми пахта более богата по сравнению с другими молочными продуктами [3, 5] <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030206721154>. Такой интерес обусловлен не только необходимостью утилизации отходов производства, но и тем, что, фосфолипиды обладают прекрасной эмульгирующей способностью и активно используются в пищевой, фармацевтической, косметической промышленности, а также имеют доказанную биологическую активность и применяются для улучшения функции печени и сердечно-сосудистой системы [2]. Известно, что некоторые из молочных фосфолипидов являются ценным компонентом для клеток мозга [6].

Фосфолипиды — один из важнейших классов биологических мембран благодаря амфифильным свойствам, которые обеспечиваются остатками жирных кислот (гидрофобный хвост) и полярной головкой (остаток глицерина для глицерофосфолипидов, остаток сфингозина для сфинголипидов) [7]. Схематически их структура изображена на рис. 1 [2].

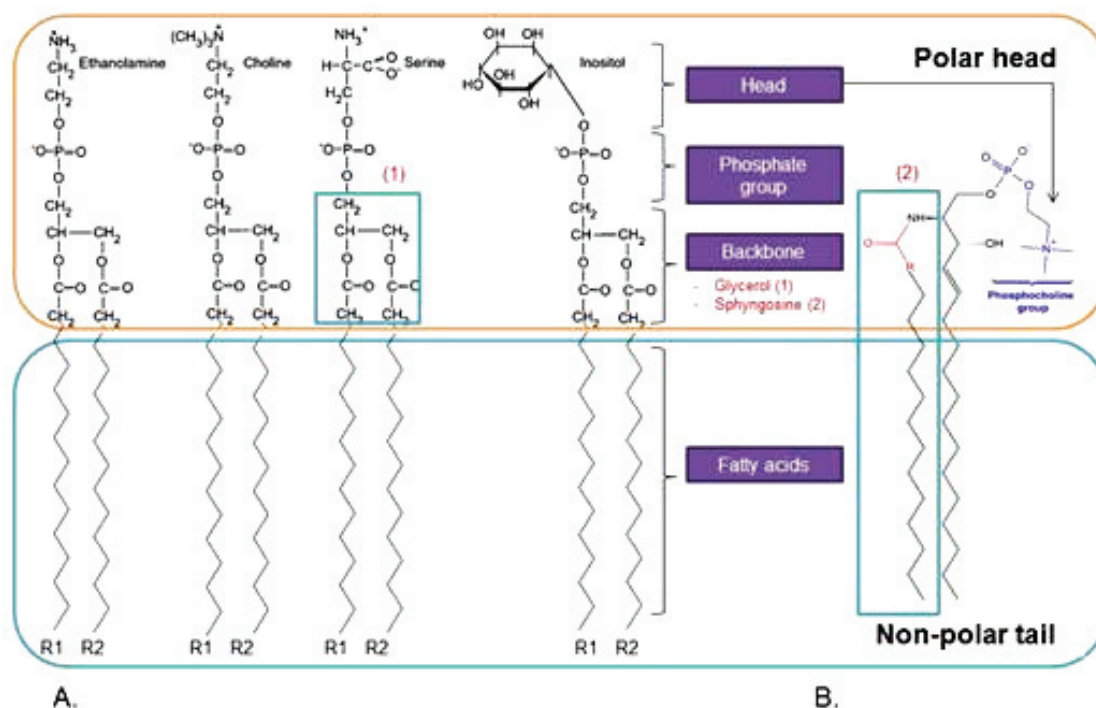


Рис. 1. Схематическое изображение молекул фосфолипидов  
Fig. 1. Schematic formulas of phospholipids

В водной среде такая структура позволяет фосфолипидам образовывать бислои, т.е. двойные молекулярные слои, в которых полярная головка ориентирована в сторону водной фазы, а неполярные хвосты из жирных кислот формируют гидрофобную зону между молекулами фосфолипидов [8]. Такая форма существования липидов в водной фазе является термодинамически выгодной и стабильной [9]. В природе такое свойство фосфолипидов лежит в основе существования биологических мембран и натуральных эмульсий (например, молоко). Размер и свойства жировых шариков эмульсии зависят как от типа полярной головки, так и от состава остатков жирных кислот. Самыми распространенными фосфолипидами молока являются фосфатидилхолин, фосфатидилинозит, фосфатидилэтанолламин, фосфатидилсерин и сфингомиелин, приведенные на рис. 2 [7].

Молоко по усредненному составу фосфолипидов отличается от типичных источников коммерческих фосфолипидов (сои и яичного желтка (табл. 1)). Основное отличие заключается в высоком содержании фосфатидилсерина и сфингомиелина [10]. Считают, что именно эти фосфолипиды являются одними из важнейших компонентов клеточных мембран мозга человека, при этом почти не поступают с продуктами питания. Это делает молочные фосфолипиды привлекательным сырьем для использования в композициях функционального питания для детей и людей пожилого возраста.

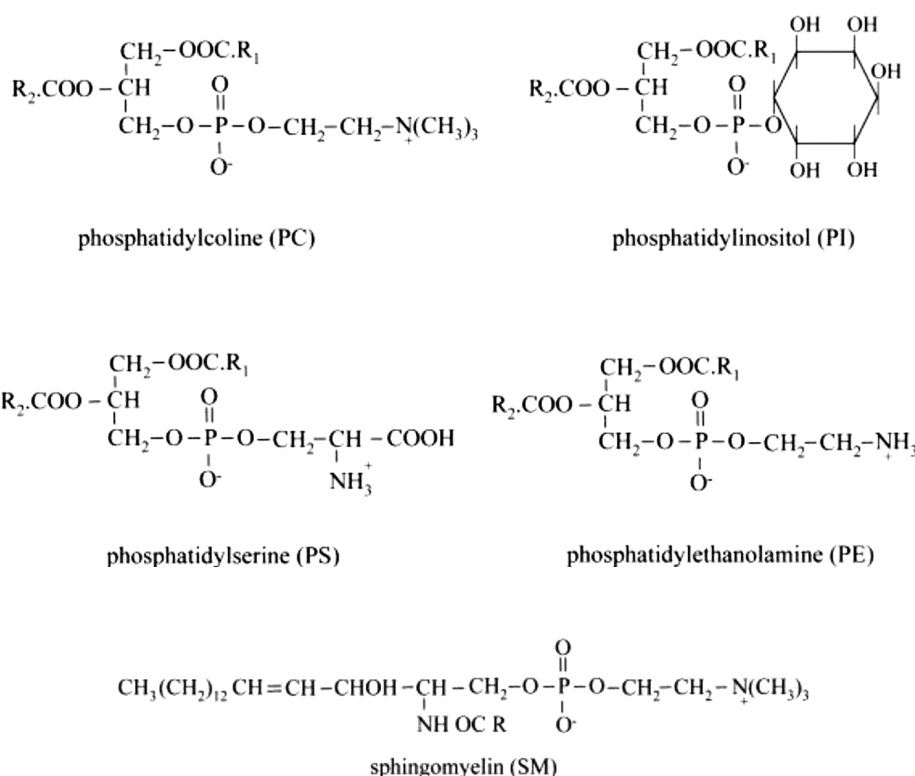


Рис. 2. Химические структуры основных фосфолипидов молока, где R, R1, R2 — остатки жирных кислот  
 Fig. 2. Chemical formulas of major milk phospholipids, where R, R1, R2 — fatty acid chains

Таблица 1. Сравнительный состав фосфолипидов сои, яичного желтка и молока  
 Table 1. Comparison of phospholipid composition in soy, egg yolk and milk

| % от общего количества фосфолипидов | Соя  | Яичный желток | Молоко |
|-------------------------------------|------|---------------|--------|
| Фосфатидилхолин                     | 34   | 75            | 27     |
| Фосфатидилэтаноламин                | 21   | 15            | 25     |
| Фосфатидилинозит                    | 18   | 0,4           | 8      |
| Сфингомиелин                        | 0    | 1,5           | 24     |
| Фосфатидилсерин                     | 0,5  | 0             | 12     |
| Фосфатидная кислота                 | 9    | 0             | 0      |
| Другие                              | 17,5 | 8,1           | 4      |

**Фосфолипиды как составляющее мембранных жировых глобул молока.** Молоко — это природная эмульсия «масло в воде», уникальные свойства которой приписываются ее необычной структуре. Так, масляная фракция эмульсии представлена жировыми глобулами диаметром 0,1–20 мкм и содержит непосредственно молочные триглицериды, часть белков, холестерин и прочие липидные вещества, и другие компоненты. Это сложная многослойная структура, в которой фосфолипиды входят в состав мембран жировых глобул молока (МЖГМ) и поддерживают высокую стабильность эмульсии [11]. Кроме того, фосфолипидные мембраны защищают жировые глобулы от слипания и ферментного гидролиза. В то время как самыми ценными компонентами молока считаются молочный жир, белок и лактоза, в данной статье предлагаем взглянуть на молочное сырье с точки зрения фосфолипидов и потенциала их использования в пищевой промышленности [3, 6, 9]. [https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(17\)30259-X/fulltext](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(17)30259-X/fulltext)

Очевидно, что выделение фосфолипидов из цельного молока не может быть целесообразным по экономическим соображениям, т.к. массовое содержание фосфолипидов в цельном молоке составляет лишь около 0,035 % [10]. Однако совершенно иная ситуация наблюдается, если в качестве молочного сырья рассматривать не цельное молоко, а сливки или пахту. И если сливки — это ценный самостоятельный продукт, то пахту можно рассматривать как сырье для дальнейшего извлечения фосфолипидов (табл. 2) [4, 12].

Таблица 2. Содержание фосфолипидов и липидов в молочных продуктах  
Table 2. Phospholipid contents in various milk products

| Состав (масс. %)                 | Цельное молоко | Сливки | Пахта |
|----------------------------------|----------------|--------|-------|
| Липиды                           | 4              | 40     | 0,6   |
| Фосфолипиды                      | 0,035          | 0,21   | 0,13  |
| Соотношение фосфолипиды : липиды | 0,9            | 0,5    | 22    |

Белковый, углеводный и минеральный состав пахты близок к составу в цельном молоке, при этом остаточная жирность пахты зависит от технологии сепарирования и составляет около 15 % от жирности исходного молока либо в переводе на остаточную жирность пахты 0,7–0,8 % [10]. Основная часть триглицеридов высвобождается из разрушенных во время процесса жировых глобул и переходит во фракцию сливочного масла, поэтому в пахте мембраны присутствуют преимущественно в виде «обрывков», основу которых составляют непосредственно фосфолипиды. Таким образом, если фосфолипиды в молоке находились в связанном виде вместе с белками и триглицеридами, являясь оболочкой МЖГМ, то в молочной пахте фосфолипиды находятся в более доступной и свободной форме. Кроме того, содержание фосфолипидов в пахте значительно выше, чем в цельном молоке. В недавних публикациях исследователи отмечают, что содержание фосфолипидов в пахте примерно в 4–7 раз больше, чем в исходном молоке. Если учитывать, что в исходном молоке доля фосфолипидов составляет менее 1 % от всего молочного жира, то в пахте она составляет уже 20–21 % благодаря тому, что основная часть фосфолипидов перешла в сливочное масло. Таким образом, доля фосфолипидов в молочном жире пахты в 26–29 раз выше по сравнению с долей в молоке. Это повышает привлекательность процесса извлечения фосфолипидов из пахты [4, 13]. <https://www.intechopen.com/books/whey-biological-properties-and-alternative-uses/technological-and-biological-properties-of-buttermilk-a-minireview>

Мировое производство молочной пахты можно оценить через количество производимого сливочного масла. Так, по данным всемирной организации по продовольствию в год производится около 5,2 млн т масла [14]. Пахту долгое время считали малоценным побочным продуктом молочного производства. Однако в настоящее время ей уже пытаются найти применение при нормализации молока, при производстве других молочных продуктов или продуктов функционального питания, напитков и кондитерских изделий [12]. Наличие фосфолипидов позволяет рассчитывать на пахту, как на природный эмульгатор и потенциальную замену традиционных лецитинов растительного и животного происхождения. Тем не менее, несмотря на значительный потенциал молочных фосфолипидов, отсутствуют технологии переработки пахты в особо ценные биотехнологические продукты для пищевой промышленности [4] <https://www.intechopen.com/books/whey-biological-properties-and-alternative-uses/technological-and-biological-properties-of-buttermilk-a-minireview>.

**Применение мембранных методов.** Одним из серьезных препятствий перед использованием молочных фосфолипидов является их извлечение и очистка от других компонентов, а также получение композиции в форме, удобной для последующего использования. Традиционно фосфолипиды из растительного сырья извлекают с помощью экстракции органическими растворителями [15]. В то время как экстракция растворителями может быть успешна использована для лабораторных испытаний, данный способ тяжело масштабировать ввиду слишком больших количеств производимой пахты, а также в связи с токсичностью многих органических растворителей и необходимостью дополнительных стадий очистки. Еще одним препятствием является то, что фосфолипиды в свободном виде легко подвергаются окислительной порче при температурах выше 40–50 °С и требуют мягких способов обработки [7].

В молочной промышленности широко распространены мембранные методы переработки сырья, такие как ультрафильтрация и микрофильтрация. Данные методы предназначены для разделения компонентов среды с помощью полупроницаемой мембраны, способной задерживать органические и неорганические соединения большего размера и пропускать более мелкие частицы. Мембранные методы позволяют разделять и концентрировать компоненты молочного сырья, сохраняя при этом их пищевую и биологическую ценность, а также технологические свойства. Микрофильтрация позволяет отделить частицы с размером 0,05–10 мкм (бактерии, жировые шарики молока). Ультрафильтрация отделяет частицы с размером 0,001–0,05 мкм (казеин, сывороточные белки) [16].

Продемонстрировано, что фосфолипиды пахты не проходят через ультрафильтрационную мембрану [6] [https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(17\)30259-X/fulltext](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(17)30259-X/fulltext). В двух испытаниях процесса микрофильтрации через мембрану с размером пор 0,1 мкм прошло 5,8 % фосфолипидов, через мембрану 0,45 мкм прошло 12,7 %. Несмотря на то, что размер частиц фосфолипидов составляет менее 50 кДа, они не проходили через мембрану из-за образования агломератов большего размера, состоящих из обрывков МЖГМ, а также, возможно, из-за связывания с казеином [6, 17].



При этом, хотя фосфолипиды не проходили через мембрану при ультрафильтрации, их содержание в концентрате не росло пропорционально росту молочного жира. Это говорит о том, что часть фосфолипидов оседает на мембране и их можно извлечь только с помощью промывки мембраны. Однако даже промывка не позволяет удалить фосфолипиды, застрявшие в порах мембраны. Соответственно для очистки нужно применять химические агенты [18].

По литературным данным микрофильтрация является самым эффективным способом концентрирования фосфолипидов пахты. Предлагаются также дополнительные стадии обработки для увеличения фактора концентрирования фосфолипидов. Так, обработка цитратом натрия позволит разрушить казеиновые мицеллы и получить более чистую фракцию фосфолипидов [19][https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(03\)73870-3/abstract](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(03)73870-3/abstract). Также предполагают использовать  $\text{CO}_2$  экстракцию для удаления триглицеридов из концентрата и получения продукта с более высоким содержанием фосфолипидов [20, 21].

Доступны отдельные литературные данные о процессе ультрафильтрации молочной сыворотки, в которых оптимальной температурой процесса было 40–55 °C, давление 1,5 бар, как видно на рис. 3 [18].

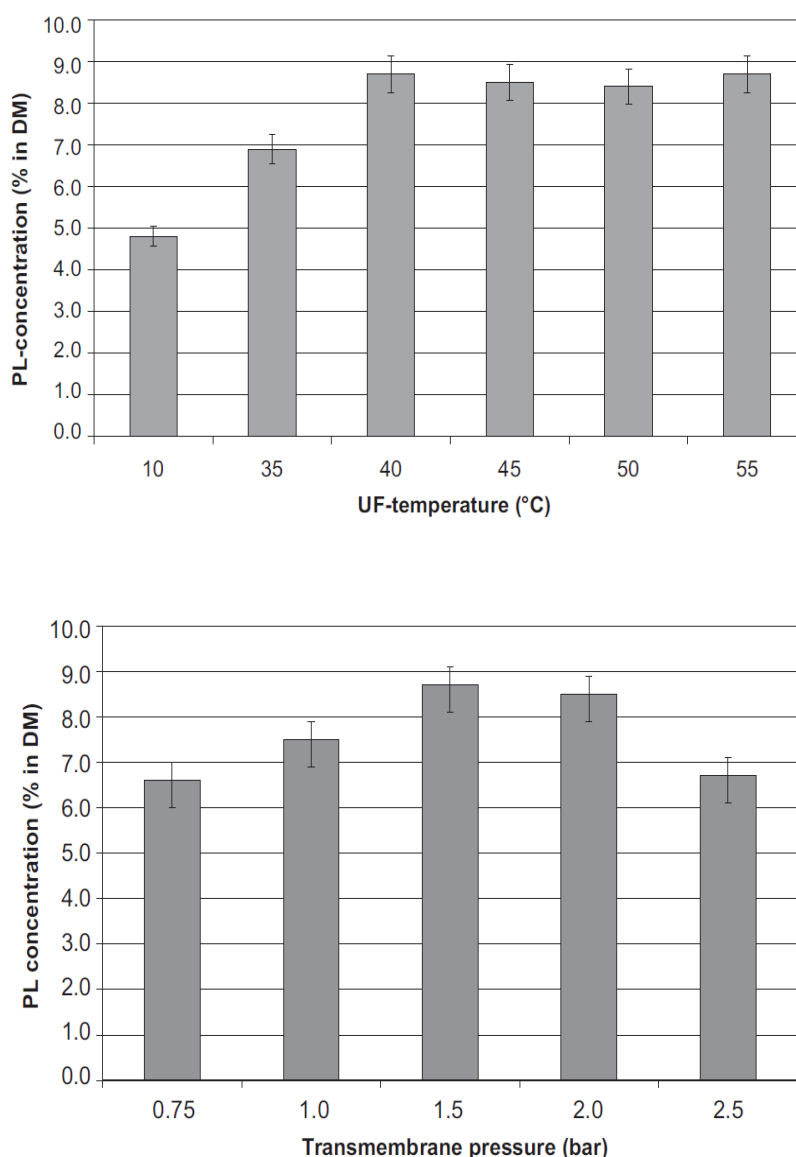


Рис. 3. Зависимость концентрации фосфолипидов после ультрафильтрации сыворотки от используемой в процессе температуры и давления

Fig. 3. Dependence of phospholipid concentration after whey buttermilk ultrafiltration from temperature and pressure used

**Использование молочных фосфолипидов.** В научной литературе описаны отдельные способы применения молочных фосфолипидов, заслуживающие внимания. Особый интерес вызывает возможность использования молочных фосфолипидов одновременно как технологической добавки и для повышения биологической ценности продукта. Таким образом, можно выделить следующие основные возможности использования фосфолипидов:

1. Эмульгатор и стабилизатор для пищевых и косметических продуктов. В настоящее время чаще всего используют соевый или яичный лецитины (основной компонент — фосфатидилхолин). Соевый лецитин является самым доступным продуктом на рынке, однако большая часть выращиваемой сои имеет ГМО происхождение, что накладывает определенные ограничения на использование соевых фосфолипидов. В ряде публикаций уже успешно продемонстрировано, что эмульгирующие свойства молочных фосфолипидов не уступают лецитинам другого происхождения. Отдельные авторы отмечают, что использование фосфолипидно-белковых комплексов молочного происхождения в качестве эмульгаторов может придавать сливочный вкус конечным продуктам [22].

2. Компонент функционального питания. Фосфолипиды пахты, выделенные отдельно либо в виде концентрата из пахты, могут быть использованы для создания композиций функционального питания для детей, пожилых людей и спортсменов. Интерес к такому компоненту связан с наличием среди фосфолипидов фосфатидилсерина и сфингомиелина, которые также содержатся в мозге человека и в обычном питании присутствуют в весьма ограниченном количестве. Использование концентрата фосфолипидов вместе с молочными белками позволит повысить ценность функционального питания [12, 23, 24]. Некоторые такие композиции проходят или уже прошли испытания как на животных, так и клинические испытания [25]. Среди результатов отмечают ускорение развития детей раннего возраста при добавлении концентрата МЖГМ в питание.

3. Компонент биологически активных добавок. Как упоминалось ранее, фосфолипиды обладают многочисленными биологически активными эффектами. Фосфатидилхолин зарекомендовал себя как компонент для лечения болезней печени (Эссенциале), сфингомиелин и фосфатидилсерин используют в БАД для улучшения памяти, особенно у пожилых людей. Также фосфолипиды могут являться источником ненасыщенных жирных кислот [12, 26].

4. Способ доставки других компонентов для пищевых, фармацевтических или косметических продуктов [27]. Фосфолипидные компоненты МЖГМ могут выступать матрицей для доставки определенных биологически активных компонентов, обеспечивая их стабильность или повышая биодоступность. Одним из вариантов является использование липосом на основе молочных фосфолипидов [6]. Как установлено, такие липосомы обладают низкой проницаемостью мембраны, высокой температурой фазового перехода и при этом образуют более тонкую мембрану по сравнению с соевыми фосфолипидами. Это обеспечивает более высокую стабильность липосомальных композиций и устойчивость к изменению температуры и pH. Уже есть данные о возможности включения в такие средства доставки таких компонентов, как полифенолы зеленого чая или куркумин.

Одним из примеров создания коммерческого продукта на основе фосфолипидов является Lascropan® PL-20 от компании Arla Foods (Дания). Этот продукт представляет собой сухой концентрат молочных фосфолипидов и используется как технологическая добавка для продуктов питания (эмульгатор), компонент детского, спортивного и лечебного питания [28, 29].

Таким образом, фосфолипиды являются ценным материалом молочных продуктов благодаря целому ряду технологических и биохимических характеристик. В настоящее время фосфолипиды успешно применяют как эмульгаторы и стабилизаторы для продуктов пищевой промышленности. При этом из-за доступности сырья в основном используют соевые лецитины, но уже сейчас установлено, что фосфолипиды молочного происхождения по своим технологическим характеристикам не уступают соевым и являются альтернативным источником сырья не ГМО-происхождения, что особенно важно для пищевой и фармацевтической промышленности. Кроме этого, молочные фосфолипиды являются ценным компонентом функционального питания и, как показано в последних клинических испытаниях, могут быть рекомендованы для детей и пожилых людей. Также показано, что фосфолипиды молока успешно используются для создания стабильных липосомальных продуктов, содержащих биологически активные вещества куркумина или полифенолы зеленого чая. Это значит, что липосомы могут являться матрицей для доставки ценных биологически активных веществ в организм человека.

Для использования потенциала молочных фосфолипидов наиболее целесообразным является использование пахты как побочного продукта и отхода производства сливочного масла. Мембранные методы переработки молока, такие как ультрафильтрация и микрофильтрация, являются наиболее привлекательными для дальнейшего использования фосфолипидного концентрата благодаря щадящим условиям обработки, которые позволяют сохранить технологические и биохимические свойства фосфолипидов. Для повышения эффективности процесса могут быть дополнительно внедрены стадии гидролиза для разрушения казеиновых мицелл, а также CO<sub>2</sub> экстракции для удаления оста-

точных триглицеридов для получения более чистой фракции целевого продукта. Тем не менее, пока эти технологии не внедрены на предприятиях отрасли. Разработка и внедрение таких технологий на молокоперерабатывающих предприятиях позволит, с одной стороны, решить вопрос утилизации пахты как отхода производства, а с другой, — получить ценный продукт для пищевой индустрии. Кроме этого, выделение фосфолипидов из пахты с помощью мембранных методов может являться лишь одной из стадий комплексной переработки пахты с последующим извлечением белка и лактозы.

### Список использованных источников

1. Дымар, О.В. Повышение эффективности переработки молочных ресурсов: научно-технологические аспекты / О.В. Дымар. — Минск : Колорград, 2018. — Гл. 1. — С. 6–51.
2. Conway, V. Buttermilk: Much more than a source of milk phospholipids / V. Conway, S.F. Gauthier, Y. Pouliot // *Animal Frontiers*. — 2014. — Vol.4, iss.2. — P. 44–51.
3. Milk fat globule membrane and buttermilks: From composition to valorization / Vanderghem (et al.) // *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* — 2010. — Vol. 14. — P. 485–500.
4. Gigli, I. Technological and Biological Properties of Buttermilk: A Minireview / I. Gigli // *Whey — Biological Properties and Alternative Uses* — 2019. — P. 9
5. Compositional and Functional Properties of Buttermilk: A Comparison Between Sweet, Sour, and Whey Buttermilk / I. Sodini [et al.] // *J Dairy Sci.* — 2006. — Vol. 89, iss. 2. — P. 525–536.
6. Invited review: Milk phospholipid vesicles, their colloidal properties, and potential as delivery vehicles for bioactive molecules / E. Arranz. [et al.] // *J Dairy Sci.* — 2017. — Vol. 100, Iss. 6. — P. 4213–4222.
7. Contarini, G. Phospholipids in milk fat: composition, biological and technological significance, and analytical strategies / G. Contarini, M. Povolo // *Int J Mol Sci.* — 2013. — Vol. 14, iss 2. — P. 2808–2831.
8. [https://pubs.acs.org/doi/suppl/10.1021/ed5002043/suppl\\_file/ed5002043\\_si\\_001.pdf](https://pubs.acs.org/doi/suppl/10.1021/ed5002043/suppl_file/ed5002043_si_001.pdf) Casein interaction with lipid membranes: Are the phase state or charge density of the phospholipids affecting protein adsorption? / A. Crespo-Villanueva [et al.] // *Biochim Biophys Acta Biomembr.* — 2018. — Vol. 1860, iss. 12. — P. 2588–2598.
9. Lopez, C. Milk fat globules enveloped by their biological membrane: Unique colloidal assemblies with a specific composition and structure / C. Lopez // *Curr Opin Colloid Interface Sci.* — 2011. — Vol. 16, iss. 5. — P. 391–404.
10. MacGibbon, A.K.H. Composition and Structure of Bovine Milk Lipids / A.K.H. MacGibbon, P.F. Fox, P.L.H. McSweeney // *Advanced Dairy Chemistry Volume 2 Lipids*. — Boston: Springer, 2006. — Ch. 1. — P. 1–42.
11. Cavaletto, M. Milk Fat Globule Membrane Components — A Proteomic Approach / M. Cavaletto, M.G. Giuffrida, A. Conti // *Adv Exp Med Biol.* — 2008. — Vol. 606. — P.129–141.
12. Milk phospholipids a new ingredient for formulation of functional foods with bioactivity / H. Burling [et al.] // *Inform (Champaign)*. — 2009. — Vol. 20. — P. 494–496.
13. Evolution of phospholipid contents during the production of quark cheese from buttermilk / T. Ferreira [et al.] // *J Dairy Sci.* — 2016. — Vol. 99, iss. 6. — P. 4154–4159.
14. FAOSTAT. Livestock Processed [Electronic Resource] : FAO. — Mode of access : <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QP>. — Date of Access: 04.02.2020.
15. Extraction of phospholipids from a dairy by-product (whey protein phospholipid concentrate) using ethanol / N. Price [et al.] // *J Dairy Sci.* — 2018. — Vol. 101, iss. 10. — P. 8778–8787.
16. Kumar, P. Perspective of membrane technology in dairy industry: a review / P. Kumar // *Asian-Australas J Anim Sci.* — 2013. — Vol. 26, iss. 9. — P. 1347–1358.
17. Morin, P. A comparative study of the fractionation of regular buttermilk and whey buttermilk by microfiltration / P. Morin, Y. Pouliot, R. Jiménez-Flores // *J Food Eng.* — 2006. — Vol. 77, iss. 3. — P. 521–528.
18. Konrad, G. Ultrafiltration of whey buttermilk to obtain a phospholipid concentrate / G. Konrad, T. Kleinschmidt, C. Lorenz // *Int Dairy J.* — 2013. — V. 30, iss. 1. — P. 39–44.
19. Production of a Novel Ingredient from Buttermilk / M. Corredig [et al.] // *J Dairy Sci.* — 2003. — V. 86, iss. 9. — P. 2744–2750.
20. Use of ultrafiltration and supercritical fluid extraction to obtain a whey buttermilk powder enriched in milk fat globule membrane phospholipids / M. R. Costa [et al.] // *Int Dairy J.* — 2010. — V. 20, iss. 9. — P. 598–602
21. Milk fat globule membrane isolated from buttermilk or whey cream and their lipid components inhibit infectivity of rotavirus in vitro / K.L. Fuller [et al.] // *J Dairy Sci.* — 2013. — V. 96, iss. 6. — P. 3488–3497.

22. Comparison of emulsifying properties of milk fat globule membrane materials isolated from different dairy by-products / T.T.Q. Phan [et al.] // J Dairy Sci. — 2014. — Vol. 97, iss. 8. — P. 4799–4810.
23. Parris, K. Phospholipids: Versatile Nutraceuticals for Functional Foods. / K. Parris // Funct. Foods Nutraceut. — 2002. — P. 1–12.
24. Burling, H. Milk — A new source for bioactive phospholipids for use in food formulations / H. Burling, G. Graverholt // Lipid Technol. — 2008. — Vol. 20. — P. 229–231.
25. Effects of Milk Fat Globule Membrane (MFGM) — Enriched Formula With Reduced Energy and Protein Content on Growth and Development (TUMME) / Clinical Trials [electronic resource]. — Mode of Access : <https://clinicaltrials.gov/ct2/show/NCT00624689>. — Date of Access: 04.02.2020.
26. Health effects of dietary phospholipids / D. Kӕllenberg [et al.] // Lipids Health Dis. — 2012. — Vol. 11, iss. 3. — P. 16.
27. A review on phospholipids and their main applications in drug delivery systems / J. Li // Asian J Pharm Sci. — 2015. — V. 10, iss. 2. — P. 81–98.
28. A randomized controlled trial investigating the neurocognitive effects of Lacprodan® PL-20, a phospholipid-rich milk protein concentrate, in elderly participants with age-associated memory impairment: the Phospholipid Intervention for Cognitive Ageing Reversal (PLICAR): study protocol for a randomized controlled trial / Scholey AB // Trials. — 2013. — Vol. 14, iss. 404. — P. 15.
29. Arla Foods Ingredients [Electronic resource]. — Mode of access : <https://www.arlafoodsingredients.com/our-ingredients/>. — Date of Access :04.02.2020.

## References

1. Dymar O.V. Povyshenie effektivnosti pererabotki molochnih resursov: nauchno-tehnicheskie aspekti [Improvement of milk raw materials treatment: scientific and technical aspects]. — Minsk: Colorgrad, 2018. — Gl.1. — P. 6–51.
2. Conway V., Gauthier S.F, Pouliot Y. *Buttermilk: Much more than a source of milk phospholipids*. Animal Frontiers. 2014, vol.4, iss.2, P. 44–51. doi: 10.2527/af.2014-0014
3. Vanderghem C., Bodson P., Danthine S., Paquot M. *Milk fat globule membrane and buttermilks: From composition to valorization*. Biotechnology, Agronomy, Society and Environment. 2010, vol. 14, P. 485–500. Available at: <https://popups.uliege.be/443/1780-4507/index.php?id=5828> (Accessed 20 January 2020).
4. Gigli I. *Technological and Biological Properties of Buttermilk: A Minireview Whey — Biological Properties and Alternative Uses*. 2019, P. 9. doi: 10.5772/intechopen.80921
5. Sodini I., Morin P., Olabi A., Jimenez-Flores R. *Compositional and Functional Properties of Buttermilk: A Comparison Between Sweet, Sour, and Whey Buttermilk*. Journal of Dairy Science. 2006, vol. 89, iss. 2, P. 525–36. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(06)72115-4
6. Arranz E., Corredig M. *Invited review: Milk phospholipid vesicles, their colloidal properties, and potential as delivery vehicles for bioactive molecules*. Journal of Dairy Science, 2017, vol. 100, Iss. 6, P. 4213–4222. doi: 10.3168/jds.2016-12236
7. Contarini G., Povo M. *Phospholipids in milk fat: composition, biological and technological significance, and analytical strategies*. The International Journal of Molecular Sciences, 2013, vol. 14, iss 2, P. 2808–2831. doi: 10.3390/ijms14022808
8. Crespo-Villanueva A., Gumӑ-Audenis B., Sanz F., Artzner F., Mӑriadec C., Rousseau F., Lopez C., Giannotti M., Guyomarc’h F. [https://pubs.acs.org/doi/suppl/10.1021/ed5002043/suppl\\_file/ed5002043\\_si\\_001.pdf](https://pubs.acs.org/doi/suppl/10.1021/ed5002043/suppl_file/ed5002043_si_001.pdf) *Casein interaction with lipid membranes: Are the phase state or charge density of the phospholipids affecting protein adsorption?* Biochimica et Biophysica Acta (BBA) — Biomembranes, 2018, vol. 1860, iss. 12, P. 2588–2598. doi: 10.1016/j.bbame.2018.09.016
9. Lopez C. *Milk fat globules enveloped by their biological membrane: Unique colloidal assemblies with a specific composition and structure*. Current Opinion in Colloid & Interface Science, 2011, vol. 16, iss. 5, P. 391–404. doi: 10.1016/j.cocis.2011.05.007
10. MacGibbon A.K.H. *Composition and Structure of Bovine Milk Lipids*. Advanced Dairy Chemistry, vol. 2 Lipids. Boston: Springer, 2006, Ch. 1, P. 1–42. doi: 10.1007/0-387-28813-9\_1
11. Cavaletto M., Giuffrida M., Conti A. *Milk Fat Globule Membrane Components—A Proteomic Approach*. Advances in Experimental Medicine and Biology, 2008, vol. 606, P. 129–141. doi: 10.1007/978-0-387-74087-4\_4
12. Burling H., Graverholt G. *Milk phospholipids a new ingredient for formulation of functional foods with bioactivity*. Inform (Champaign), 2009, vol. 20, P. 494–496. doi: 10.1002/lite.200800058
13. Ferreiro T., Martӑnez S., Gayoso L., Rodrӑguez-Otero J.L. *Evolution of phospholipid contents during the production of quark cheese from buttermilk*. Journal of Dairy Science. 2016, vol. 99, iss. 6, P. 4154–4159. doi: 10.3168/jds.2016-10861
14. FAOSTAT. Livestock Processed [Electronic Resource]: FAO. Available at: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QP>. (accessed 04.02.2020).



15. Price N., Fei T., Clark S., Wang T. *Extraction of phospholipids from a dairy by-product (whey protein phospholipid concentrate) using ethanol*. Journal of Dairy Science. 2018, vol. 101, iss. 10, P. 8778–8787. doi:10.3168/jds.2018-14950
16. Kumar P., Sharma N., Ranjan R., Kumar S., Bhat Z.F., Jeong D.K. *Perspective of membrane technology in dairy industry: a review*. Asian Australasian Journal of Animal Sciences, 2013, vol. 26, iss. 9, P.1347–1358. doi:10.5713/ajas.2013.13082
17. Morin P., Pouliot Y., Jimñez-Flores R. *A comparative study of the fractionation of regular buttermilk and whey buttermilk by microfiltration*. Journal of Food Engineering, 2006, vol. 77, iss. 3, P. 521–528. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2005.06.065
18. Konrad G., Kleinschmidt T., Lorenz C. *Ultrafiltration of whey buttermilk to obtain a phospholipid concentrate*. International Dairy Journal. 2013, v. 30, iss. 1, P. 39–44. doi: 10.1016/j.idairyj.2012.11.007
19. Corredig M., Roesch R.R., Dalgleish D.G. *Production of a Novel Ingredient from Buttermilk*. Journal of Dairy Science. 2003, v. 86, iss. 9, P. 2744–2750. doi:10.3168/jds.S0022-0302(03)73870-3
20. Costa M.R., Elias-Argote X.E., Jimñez-Flores R., Gigante M.L. *Use of ultrafiltration and supercritical fluid extraction to obtain a whey buttermilk powder enriched in milk fat globule membrane phospholipids*. International Dairy Journal. 2010, v. 20, iss. 9, P. 598–602/ doi: 10.1016/j.idairyj.2010.03.006
21. Fuller K.L., Kuhlenschmidt T.B., Kuhlenschmidt M.S., Jimñez-Flores R., Donovan S.M. *Milk fat globule membrane isolated from buttermilk or whey cream and their lipid components inhibit infectivity of rotavirus in vitro*. Journal of Dairy Science. 2013, v. 96, iss. 6, P. 3488–3497. doi:10.3168/jds.2012-6122
22. Phan T.T., Le T.T., Van der Meeren P., Dewettinck K. *Comparison of emulsifying properties of milk fat globule membrane materials isolated from different dairy by-products*. Journal of Dairy Science. 2014, vol. 97, iss. 8, P. 4799–4810. doi:10.3168/jds.2014-8030
23. Kidd P.M. *Phospholipids: Versatile Nutraceuticals for Functional Foods*. Functional Foods and Nutraceuticals. 2002, P. 1–12. Available at: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.560.9979&rep=rep1&type=pdf>. (accessed 25 January 2020)
24. Burling H., Graverholt G. *Milk — A new source for bioactive phospholipids for use in food formulations*. Lipid Technology. 2008, vol. 20, P. 229–231. doi: 10.1002/lite.200800058
25. *Effects of Milk Fat Globule Membrane (MFGM) — Enriched Formula With Reduced Energy and Protein Content on Growth and Development (TUMME)* Available at: <https://clinicaltrials.gov/ct2/show/NCT00624689>. (accessed 04.02.2020)
26. Kӧlӓnberg D., Taylor L.A., Schneider M., Massing U. *Health effects of dietary phospholipids*. Lipids in health and disease, 2012, vol. 11, iss. 3, P. 16. doi: 10.1186/1476-511X-11-3
27. Li J., Wang X., Zhang T., Wang C., Huang Z., Luo X., Deng Y. *A review on phospholipids and their main applications in drug delivery systems*. Asian Journal of Pharmaceutical Sciences. 2015, vol. 10, iss. 2, P. 81–98. doi: 10.1016/j.ajps.2014.09.004
28. Scholey A.B. *A randomized controlled trial investigating the neurocognitive effects of Lacprodan® PL-20, a phospholipid-rich milk protein concentrate, in elderly participants with age-associated memory impairment: the Phospholipid Intervention for Cognitive Ageing Reversal (PLICAR): study protocol for a randomized controlled trial*. Trials. 2013, vol.14, iss. 404, P. 15. doi: 10.1186/1745-6215-14-404
29. Arla Foods Ingredients. Available at: <https://www.arlafoodsingredients.com/our-ingredients>. (accessed 04.02.2020).

#### Информация об авторах

Василькевич Алексей Игоревич — аспирант РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: alex.vasilkevich@gmail.com.

Дымар Олег Викторович — доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: dymarov@tut.by.

#### Information about authors

Vasilkevich Aleksei I. — graduate student 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: alex.vasilkevich@gmail.com.

Dymar Oleg V. — ing., Ph.D, D.E.Sc., Professor, Chief 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). E-mail: dymarov@tut.by.

УДК 619:614.31:637.56

Поступила в редакцию 30.04.2020  
Received 30.04.2020**А.А. Гнедов***Учреждение образования «Витебская ордена «Знак Почёта» государственная академия ветеринарной медицины», г. Витебск, Республика Беларусь***АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА МЯСА ТАЙМЕНЯ (HUCHO TAIMEN (PALLAS)) НИЗОВИЙ БАССЕЙНА ЕНИСЕЯ**

**Аннотация.** Представлены результаты биохимических исследований мяса тайменя (*Hucho taimen* (Pallas)). Установлено содержание широкого спектра биологически активных веществ, включающих в себя макро- и микроэлементы, жирные кислоты, аминокислоты и витамины.

Определена пищевая ценность мяса тайменя в соответствии с общепринятыми ее составляющими: энергетическая ценность, биологическая ценность, биологическая эффективность, физиологическая ценность.

**Ключевые слова:** рыбы, Енисей, аминокислоты, жирные кислоты, витамины, минеральные вещества

**A.A. Gnedov***Educational institution “Vitebsk State Academy of Veterinary Medicine”,  
Vitebsk, Republic of Belarus***ANALYSIS OF QUALITY INDICATORS OF TAIMEN MEAT (HUCHO TAIMEN (PALLAS)) IN THE LOWER YENISEI BASIN**

**Abstract.** The results of biochemical studies of taimen meat (*Hucho taimen* (Pallas)) are presented. The content of a wide range of biologically active substances, including macro- and microelements, fatty acids, amino acids and vitamins, is established.

The nutritional value of taimen meat is determined in accordance with its generally accepted components: energy value, biological value, biological effectiveness, physiological value.

**Keywords:** fish, Yenisey, amino acids, fatty acids, vitamins and minerals

Таймень (*Hucho taimen* (Pallas)) — самый крупный представитель семейства лососевых в ихтиофауне Красноярского края, достигающий 1,5 м длины и 70–80 кг массы тела. Обычный промысловый размер тайменя составляет от 60 см до 1 м при массе 3–10 кг. Темп роста тайменя высокий, но зависит от местоположения водоема, его кормовых ресурсов и ряда других факторов. Половой зрелости самка тайменя достигает в 8–9 лет, а самцы на год раньше, при длине 65–70 см и массе 3,5–4 кг. В 10-летнем возрасте его длина составляет около 80 см, а масса — 5–6 кг [1].

У тайменя торпедовидное мускулистое тело, покрытое мелкой плотной чешуей, уплощенная голова с большим конечным ртом, вооруженным многочисленными острыми зубами.

В Енисее встречается на всем протяжении реки — от верховьев до устья. Исключительно пресноводная рыба. Обычен в правобережных притоках, отличающихся быстрым течением, наличием порогов и холодной водой. Обитает также в проточных холодноводных озерах края.

Основу питания взрослых рыб составляют те рыбы, численность которых на местах обитания тайменя особенно велика: хариус, елец, налим, голянь, шиповка, пескарь и сиговые. Нередко схватывает мелких грызунов, лягушек и водоплавающих птиц.

Нерестится таймень в мае, в северных широтах — в июне. Наиболее активен весной сразу после нереста, и осенью — до ледостава. Зимой продолжает питаться, хотя и не так интенсивно. Летом довольно пассивен, сохраняя подвижность в местах выхода холодных ключей и местах впадения холодноводных притоков. Держится обычно небольшими группами, но крупные рыбы предпочитают охотиться в одиночку.

Специализированный вылов тайменя носит характер спортивного и любительского рыболовства. В промышленном рыболовстве таймень занимает место прилова во время нереста — май-июнь, и осенью — во время ската в места зимовок [2].

При изучении биологической и физиологической ценности пищевой продукции основой являются биохимические исследования. В научной литературе данных по тайменю, вылавливаемому в низовьях бассейна р. Енисей не зарегистрировано. Актуальность работы характеризуется новизной проведенных исследований.

**Цель работы** — изучить биохимические показатели и пищевую ценность мяса тайменя, вылавливаемого в низовьях бассейна р. Енисей.

Для проведения исследований отобраны образцы биологического материала — мясо тайменя.

**Материал и методы исследований.** Исследования проводили на промысловых точках в низовьях бассейна р. Енисей. Отбор образцов продукции проводили методом выборки из каждой партии характерных мерных экземпляров согласно ГОСТ 7631-2008 «Рыба, нерыбные объекты и продукция из них. Методы определения органолептических и физических показателей». Все образцы рыбной продукции были измерены и взвешены, согласно ГОСТ 1368-2003 «Рыба. Длина и масса». Отобраные экземпляры рыб были разделаны для определения массового состава [14]. Полученные части рыб объединили в однородные партии и привели к средней пробе каждого вида согласно ГОСТ 31339-2006 «Рыба, нерыбные объекты и продукция из них. Правила приемки и методы отбора проб». Из каждой средней пробы выделили средний образец [3, 4].

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

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

Исследование физико-химических свойств образцов проводили по методикам общего зооанализа согласно ГОСТ 7636-85 «Рыба, морские млекопитающие, морские беспозвоночные и продукты их переработки. Методы анализа» и ГОСТ Р 52421-2005 «Рыба, морепродукты и продукция из них. Метод определения массовой доли белка, жира, воды, фосфора, кальция и золы». Макро-, микро-элементный и биохимический состав определяли атомно-абсорбционным методом на приборе Perkin Elmer — 306 [5, 6].

Определение аминокислотного и витаминного состава проводили методом инфракрасной спектроскопии на автоматическом многофункциональном анализаторе инфракрасной области спектра «ИК 4500».

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

По результатам исследований проведен расширенный анализ биохимических показателей, отражающих пищевую ценность мяса тайменя:

- ♦ энергетическая ценность — суммарное количество энергии, используемой для поддержания физиологических функций организма и выделяемое при биологическом окислении питательных веществ, содержащихся в 100 г продукта;
- ♦ биологическая ценность — отражает качество белка по сбалансированности его аминокислотного состава относительно идеальной шкалы аминокислот гипотетического белка (ФАО/ВОЗ), и способности к оптимальной усвояемости организмом;
- ♦ биологическая эффективность — показатель качества жировых компонентов продукта, отражающий содержание в них полиненасыщенных (незаменимых) жирных кислот;
- ♦ физиологическая ценность — характеризует способность составных компонентов стимулировать и активизировать основные процессы жизнеобеспечения физиологических систем организма с помощью активных веществ: макро-, микроэлементов, витаминов, азотистых веществ и ферментов [7, 8, 9].

Полученные результаты химического состава подвергнуты анализу на предмет оценки их пищевой и биологической ценности по методикам А.А. Покровского (1974).

**Результаты исследований.** Образцы мяса тайменя были отобраны от 21 экземпляра ( $n = 21$ ). На основании изучения степени посмертного окоченения путем измерения угла прогиба определены сроки хранения рыбы при различной температуре на открытом воздухе. На время хранения рыбы на открытом воздухе существенно влияют индивидуальные характеристики: содержание жира в мышцах, влагонасыщенность, физическое состояние при вылове, степень механических повреждений и другие.

Для каждого вида, в силу индивидуальных особенностей, время хранения на открытом воздухе разное. Для тайменя определен индивидуальный диапазон времени (табл. 1).

**Таблица 1. Время хранения тайменя низовий бассейна р. Енисей на открытом воздухе**  
**Table 1. Time of storage of the Taimen lowland basin of the river Yenisei in the open air**

| Параметры         | Температура окружающей среды, °С |       |    |
|-------------------|----------------------------------|-------|----|
|                   | +10                              | +5    | 0  |
| Время хранения, ч | 2-4                              | 10-15 | 30 |

В связи с тем, что таймень является крупной и очень сильной рыбой, после извлечения из сетей наиболее частый дефект качества — повреждение кожного покрова.

При задержке тайменя в орудиях лова могут возникнуть дефекты, связанные с автолитическими изменениями тканей: цвет жабр коричневого, серого и зеленого оттенка, жабры покрыты слизью, от них исходит неприятный запах, упругость мяса пропадает (при надавливании остается медленно исчезающий след) [10].

В связи с ограниченностью лимита времени на сохранение первоначального качества рыбы, до-камеральная обработка производилась в течение 5 ч после вылова.

Рыбы низовий р. Енисей достигают половой зрелости позднее своих видовых сородичей, обитающих в более теплых водоемах, линейный рост у них замедлен.

Морфометрические показатели фактически вылавливаемого тайменя — длина и масса — с учетом возраста достижения промысловых размеров, приведены к среднему показателю (табл. 2).

**Таблица 2. Средний промысловый размер и масса тайменя низовий бассейна р. Енисей**  
**Table 2. The average commercial size and mass of the Taimen lowland basin of the river Yenisei**

| Количество экземпляров, п | Возраст, лет | Размер, см | Масса, г |
|---------------------------|--------------|------------|----------|
|                           |              | M±m        | M±m      |
| 21                        | 9            | 70±2,5     | 6000±850 |

Одним из основных показателей при характеристике полезности рыбы является массовый состав — соотношение массы отдельных частей тела и органов, выраженное в процентах от массы целой рыбы.

Данные о массовом составе тайменя, вылавливаемого в низовьях р. Енисей, пока не представляют технологического интереса. Но при организации промыслового лова они могут быть использованы.

Массовый состав позволяет прогнозировать способы глубокой переработки рыб (табл. 3).

**Таблица 3. Массовый состав тайменя низовий бассейна р. Енисей**  
**Table 3. Mass composition of the Taimen lowland basin of the river Yenisei**

| Мясо с кожей, % | Кожа, % | Мясо чистое, % | Чешуя, % | Голова, % | Кости, плавники, % | Внутренности                                    |           |           |
|-----------------|---------|----------------|----------|-----------|--------------------|-------------------------------------------------|-----------|-----------|
|                 |         |                |          |           |                    | Кишечник, пленки, плавательный пузырь, почки, % | Гонады, % | Печень, % |
| 64,0±7,2        | 9,3±1,1 | 54,7±6,1       | 1,1±0,1  | 13,5±4,7  | 14,3±1,0           | 8,6±1,9                                         | -         | 1,2±0,3   |

Большая голова тайменя у экземпляров массой 3–10 кг составляет около 10–14 % от общей массы рыбы. При дальнейшем росте этот показатель уменьшается.

Полезный выход мяса у особей обычного размера колеблется от 62 до 69 % (с кожей). У рыб массой более 20 кг этот показатель превышает 70 %.

Несъедобная часть внутренностей составляет от 7 до 9 %. Этот показатель почти не изменяется с увеличением размера рыбы. На протяжении жизни тайменя массовая доля чешуи стабильна — 1–1,5 %.

Мощный костяк тайменя составляет более 12 %.

Печень крупная, но ее доля, относительно общей массы, составляет всего 1,1–1,6 % — промышленного интереса не представляет. Икра в существующих условиях может быть использована в рыбобразоводных мероприятиях.

В результате проведенных исследований мяса тайменя выявлен комплекс биологически активных веществ, включающий в себя аминокислоты, жирные кислоты, витамины и минеральные элементы.



В результате биохимических исследований полученных образцов тайменя определили содержание белка, жира, зольного остатка и произвели расчет энергетической ценности (табл. 4).

**Т а б л и ц а 4. Содержание белка, жира и зольных элементов  
в мясе тайменя низовий бассейна р. Енисей**  
**Table 4. The content of protein, fat and ash elements  
in the meat of taimen lowland basin of the river Yenisei**

| Показатели                              | Количество, г/100 г | Энергетический коэффициент, ккал/г | Энергетическая ценность компонентов, ккал/100 г |
|-----------------------------------------|---------------------|------------------------------------|-------------------------------------------------|
| Белок                                   | 74,40±0,12          | 4                                  | 297,6±0,64                                      |
| Жир                                     | 16,37±0,20          | 9                                  | 147,33±0,57                                     |
| Энергетическая ценность рыбы, ккал/100г |                     |                                    | 444,93±0,6                                      |

В результате исследований по методике общего зооанализа установлено, что содержание жира и белка в тканях тайменя позволяет отнести его к высокобелковым, особожирным рыбам, а энергетическая ценность — к категории высококалорийных продуктов питания.

Коэффициент соотношения белка и жира в мясе тайменя равен 4,5.

Аминокислотный состав белковой фракции мяса тайменя представлен 16 кислотами. Отмечается довольно высокая их концентрация практически во всех образцах (табл. 5).

**Т а б л и ц а 5. Аминокислотный состав мяса тайменя низовий бассейна р. Енисей**  
**Table 5. Amino acid composition of taimen meat lowland basin of the river Yenisei**

| Наименование аминокислоты | Содержание, г/100 г |
|---------------------------|---------------------|
| Триптофан                 | 0,93                |
| Оксипролин                | 0,13                |
| Изолейцин                 | 4,18                |
| Треонин                   | 3,99                |
| Серии                     | 3,10                |
| Глицин                    | 3,32                |
| Аланин                    | 4,50                |
| Валин                     | 3,92                |
| Метионин                  | 2,61                |
| Метион, + цистеин         | 3,58                |
| Лейцин                    | 7,89                |
| Глутамин                  | 6,25                |
| Пролин                    | 3,88                |
| Фенилаланин               | 3,15                |
| Лизин                     | 7,03                |
| Аргинин                   | 3,73                |
| Заменимые                 | 29,91               |
| Незаменимые               | 32,28               |

Анализ показал, что в мясе тайменя преобладают незаменимые аминокислоты. Коэффициент отношения к заменимым аминокислотам составляет 1,08. Среди незаменимых аминокислот заметно выделяются лейцин (7,89) и лизин (7,03), суммарная концентрация которых составляет почти 24 % от общей суммы аминокислот. Среди заменимых доминируют аланин (4,5) и глутамин (6,25).

В сравнительном аспекте для оценки биологической ценности продуктов животного происхождения ФАО/ВОЗ рекомендует рассчитывать значение качественного белкового показателя (КБП), который определяют соотношением количества триптофана к оксипролину. Этот метод позволяет определить соотношение мышечных и соединительно-тканых белков. Известно, что все мышечные белки содержат триптофан, отсутствующий в соединительной ткани, при этом в коллагене присутствует до 14 % заменимой аминокислоты — оксипролина, отсутствующего в полноценных белках. Поэтому считается, что чем выше значение КБП, тем качественнее мясо. Результаты анализа показывают, что мясо тайменя имеет величину КБП 7,2 — высокий показатель для мяса рыб.

Для определения биологической ценности мяса тайменя произвели расчет аминокислотного скор-ра незаменимых аминокислот, установив соотношение количества аминокислот в 100 г данного белка и аминокислот в 100 г идеального белка. Результаты расчета представлены в табл. 6.

Таблица 6. Аминокислотный скор мяса тайменя низовий бассейна р. Енисей  
Table 6. Amino acid spore of taimen meat lowland basin of the river Yenisei

| Наименование аминокислоты | Идеальный белок |         | Мясо тайменя |         |
|---------------------------|-----------------|---------|--------------|---------|
|                           | г/100г белка    | СКОР, % | г/100г белка | СКОР, % |
| Триптофан                 | 1,0             | 100     | 0,85         | 85,0    |
| Изолейцин                 | 4,0             | 100     | 3,56         | 89,0    |
| Треонин                   | 4,0             | 100     | 3,72         | 93,0    |
| Валин                     | 5,0             | 100     | 2,37         | 47,4    |
| Метионин+цистин           | 3,5             | 100     | 4,52         | 129,14  |
| Лейцин                    | 7,0             | 100     | 6,84         | 97,71   |
| Фенилаланин+тирозин       | 6,0             | 100     | 1,91         | 31,83   |
| Лизин                     | 5,5             | 100     | 5,54         | 100,72  |
| Сумма                     | 36,0            | 100     | 29,31        | 81,41   |

Анализ табличных данных показывает, что сумма аминокислотного скор мяса тайменя ниже аналоговой, но приближается к идеальному белку. По ряду кислот прослеживается даже небольшое преобладание — метионин+цистин и лизин. Это важный аспект в связи с тем, что метионин является донатором метильной группы для образования в организме многих соединений: адреналина, креатина, ансерина, холина, а также участвует в синтезе цистеина, который в свою очередь образует цистеамин, являющийся составной частью КоА. Лизин, в свою очередь, играет важную роль для связывания фосфора при минерализации костной ткани [11, 12].

Биологическая ценность мяса тайменя относительно высока, оно соответствует понятию сбалансированного продукта.

Биологическая эффективность пищевой продукции определяется уровнем содержания жирных кислот. Исследованиями установлено, что высокое содержание жира в мясе тайменя практически соответствует относительно высокому содержанию жирных кислот (табл. 7).

Таблица 7. Содержание жирных кислот в мясе тайменя низовий бассейна р. Енисей  
Table 7. The content of fatty acids in taimen meat lowland basin of the river Yenisei

| Жирные кислоты            | Содержание, г/100 г |
|---------------------------|---------------------|
| Пальмитоолеиновая         | 0,98±0,02           |
| Олеиновая                 | 4,56±0,01           |
| Линолевая                 | 1,13±0,09           |
| Линоленовая               | 0,12±0,01           |
| Сумма ненасыщенных кислот | 6,79±0,06           |
| Лауриновая                | Следы               |
| Миристиновая              | 0,40±0,01           |
| Пальмитиновая             | 2,12±0,27           |
| Стеариновая               | 0,66±0,01           |
| Арахидовая                | 0,08±0,01           |
| Сумма насыщенных кислот   | 3,26±0,22           |

Суммарная концентрация жирных кислот в 100 г продукции составляет в мясе тайменя 10,05 г. Общее содержание жирных кислот полноценно. В составе преобладают ненасыщенные жирные кислоты. Отношение их к насыщенным составило коэффициент 2,1, что говорит о хорошей биологической эффективности продукта.

В мясе тайменя присутствует полный спектр макро- и микроэлементов, а также все основные жир- и водорастворимые витамины.

Одним из составляющих, определяющих физиологическую ценность пищевого продукта, являются витамины входящих в состав липидной и белковой фракции. В мясе тайменя они представлены группой жир- и водорастворимых витаминов. Суммарный уровень их составляет 156,84 г/кг (табл. 8).

Таблица 8. Содержание витаминов в мясе тайменя низовий бассейна р. Енисей, мг/кг  
Table 8. The content of vitamins in taimen meat lowland basin of the river Yenisei, mg/kg

| Витамины                 | Содержание  |
|--------------------------|-------------|
| А, мг/кг                 | 1,14±0,04   |
| Е, мг/кг                 | 28,67±0,1   |
| В <sub>1</sub> , мг/кг   | 11,47±0,32  |
| В <sub>2</sub> , мг/кг   | 6,88±0,27   |
| В <sub>3</sub> , мг/кг   | 12,93±0,30  |
| В <sub>5</sub> , мг/кг   | 88,00±0,78  |
| В <sub>6</sub> , мг/кг   | 7,65±0,02   |
| В <sub>12</sub> , мкг/кг | 114,74±1,33 |

Концентрация жирорастворимых витаминов составила в мясе тайменя — 29,81 мг/кг. Содержание витамина А весьма незначительно.

Водорастворимые витамины представлены группой В, общая сумма которых составила 127,03 мг/кг. Также мясо тайменя характеризуется высоким содержанием витамина Е, который обычно концентрируется в жировой ткани и является подтверждением принадлежности тайменя к особожирным рыбам [13]. Анализ показал, что мясо тайменя по содержанию витаминов очень неплохо сбалансировано.

Минеральный состав исследуемых образцов мяса тайменя представлен комплексом макро- и микроэлементов (табл. 9).

Таблица 9. Содержание макро- и микроэлементов в мясе тайменя низовий бассейна р. Енисей  
Table 9. The content of macro- and micronutrients in taimen meat lowland basin of the river Yenisei

| Показатель | Содержание, мг/кг |
|------------|-------------------|
| Кальций    | 1500,00±250       |
| Фосфор     | 7500,00±300       |
| Калий      | 13500,00±700      |
| Натрий     | 2500,00±126       |
| Магний     | 650,00±49         |
| Железо     | 25,00±1,6         |
| Марганец   | 1,00±0,03         |
| Медь       | 1,20±0,07         |
| Цинк       | 21,20±1,3         |

Анализ табличных данных показывает, что в мясе тайменя превалирует содержание калия, натрия, фосфора и кальция, что указывает на развитость костяка тайменя.

Среди микроэлементов доминируют железо и цинк, что косвенно указывает на хорошую развитость мышечной ткани.

Высокое содержание всех составных минерального и витаминного состава показывает, что продукт хорошо сбалансирован и обладает высокой физиологической ценностью.

Таким образом, в результате проведенных исследований установлено, что по наличию жира в мясе тайменя низовий бассейна р. Енисей можно отнести к особожирным рыбам. Высокое содержание жира хорошо сочетается с наличием жирных кислот, особенно незаменимых. Общее их содержание полноценно. Биологическая ценность мяса тайменя относительно высока и соответствует понятию сбалансированного продукта. Содержание полного комплекса макро-, микроэлементов и витаминов свидетельствует о хорошей физиологической ценности мяса тайменя. Мясо тайменя, вылавливаемого в низовьях бассейна р. Енисей, является высокоценным продуктом питания как в биологическом, так и физиологическом плане.

#### Список использованных источников

1. Разнообразие рыб Таймыра / Д.С. Павлов [и др.] ; под общ. ред. Д.С. Павлова. — М. : Наука. — 1999. — 207 с.
2. Оценка состояния запасов основных промысловых рыб в низовьях р. Енисея за 2002 г. : отчет о НИР / ГБЛ ФГУ «Енисейрыбвод» ; рук. темы А.И. Андриенко. — Красноярск, 2002. — 33 с.

3. Рыба. Длина и масса : ГОСТ 1368-2003. — Введ. 01.01.05. — Москва : Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации : 2005. — 14 с.
4. Рыба, нерыбные объекты и продукция из них. Правила приемки и методы отбора проб : ГОСТ 31339-2006. — Введ. 01.07.08. — Москва : Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2008. — 15 с.
5. Рыба, нерыбные объекты и продукция из них. Методы определения органолептических и физических показателей : ГОСТ 7631-2008. — Введ. 01.01.09. — Москва : Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2009. — 16 с.
6. Рыба, морепродукты и продукция из них. Метод определения массовой доли белка, жира, воды, фосфора, кальция и золы : ГОСТ Р 52421-2005. — Введ. 01.01.07. — Москва : Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2007. — 8 с.
7. Родина, Т.Г. Справочник по товароведению продовольственных товаров / Т.Г. Родина. — М. : Колос, 2003. — 608 с.: ил.
8. Гнедов, А.А. Экспертиза рыб северных видов. Качество и безопасность : учебник / А.А. Гнедов, О.А. Рязанова, В.М. Позняковский. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 436 с.
9. Голубенко, О.А. Экспертиза качества и сертификация рыбы и рыбных продуктов: учебное пособие / О.А. Голубенко, Н.В. Коник. — М. : Альфа-М: ИНФРА-М, 2011. — 256 с.
10. Товароведение и экспертиза продовольственных товаров: учебник / Л.Г. Елисеева ; под ред. проф. Л.Г. Елисеевой. — М. : МЦФЭР, 2006. — 800 с.
11. Позняковский, В.М. Гигиенические основы питания, качество и безопасность пищевых продуктов / В.М. Позняковский. — Новосибирск : Сиб. унив. изд-во, 2007. — 455 с.
12. Скурихин, И.М. Таблицы химического состава и калорийности российских продуктов питания: Справочник / И.М. Скурихин, В.А. Тутельян. — М. : ДеЛи принт, 2007. — 467 с.
13. Спиричев, В.Б. Что могут и чего не могут витамины / В.Б. Спиричев. — М. : «Миклош», 2003. — 300 с.
14. Шевченко, В.В. Товароведение и экспертиза качества рыбы и рыбных товаров : учеб. пособие / В.В. Шевченко. — СПб. : Питер, 2005. — 256 с.

## References

1. Pavlov D.S., Savvaitova K.A., Gruzdeva M.A. Raznoobrazie ryb Tajmyra [*Variety of fish Taimyr*]. M., Nauka, 1999, 207 p. (in Russian).
2. Andrienko A.I. Ocenka sostoyaniya zapasov osnovnykh promyslovykh ryb v nizov'yah r. Eniseya za 2002 g. [*Assessment of the status of stocks of the main commercial fish in the lower reaches of the river. Yenisei for 2002*] Otchet GBL FGU «Enisejrybvod», Krasnoyarsk [*GBL Report of the Federal State Institution Yenisejrybvod, Krasnoyarsk*]. 2002, 33 p. (in Russian).
3. GOST 1368-2003. Ryba. Dlina I massa [*State Standard 1368-2003. A fish. Length and weight*]. Moscow, Interstate. Council for Standardization, Metrology and Certification, 2005. 14 p. (in Russian).
4. GOST 31339-2006. Ryba, nerybnye ob'ekty I produkciya iz nih. Pravila priemki i metody otbora prob [*State Standard 31339-2006. Fish, non-fish objects and products from them. Acceptance rules and sampling methods*]. Moscow, Interstate. Council for Standardization, Metrology and Certification, 2008. 15 p. (in Russian).
5. GOST 7631-2008. Ryba, nerybnye ob'ekty I produkciya iz nih. Metody opredeleniya organolepticheskikh I fizicheskikh pokazatelej [*State Standard 7631-2008. Fish, non-fish objects and products from them. Methods for the determination of organoleptic and physical parameters*]. Moscow, Interstate. Council for Standardization, Metrology and Certification, 2009. 16 p. (in Russian).
6. GOST R 52421-2005. Ryba, moreprodukty I produkciya iz nih. Metod opredeleniya massovoj doli belka, zhira, vody, fosfora, kal'ciya I zoly [*State Standard R 52421-2005. Fish, seafood and products from them. Method for determining the mass fraction of protein, fat, water, phosphorus, calcium and ash*]. Moscow, Interstate. Council for Standardization, Metrology and Certification, 2007. 8 p. (in Russian).
7. Rodina T.G. Spravochnik po tovarovedeniyu prodovol'stvennykh tovarov [*Handbook of merchandising of food products*]. M., Kolos, 2003, 608 p.: il. (in Russian).
8. Gnedov A.A., Ryazanova O.A., Poznyakovskij V.M. Ekspertiza ryb severnykh vidov. Kachestvo i bezopasnost' : Uchebnik [*Examination of fish of northern species. Quality and Safety : Textbook*]. Sankt-Peterburg, Lan', 2018, 436 p. (in Russian).
9. Golubenko O.A., Konik N.V. Ekspertiza kachestva i sertifikaciya ryby i rybnykh produktov: uchebnoe posobie [*Quality examination and certification of fish and fish products: a training manual*]. M., Al'fa-M: INFRA-M, 2011, 256 p. (in Russian).
10. Eliseeva L.G. Товароведение и экспертиза продовольственных товаров : Учебник [*Commodity research and examination of food products : Textbook*]. M., MCFER, 2006, 800 p. (in Russian).



11. Poznyakovskij V.M. Gigienicheskie osnovy pitaniya, kachestvo i bezopasnost' pishchevyh produktov : Uchebnik. 5-e izd., ispr. i dop. [*Hygienic fundamentals of nutrition, quality and food safety : Textbook. 5th ed., Rev. and add.*]. Novosibirsk, Sib. univ. izd-vo, 2007, 455 p. (in Russian).
12. Skurihin I.M. Tablicy himicheskogo sostava i kalorijnosti rossijskih produktov pitaniya : Spravochnik [*Tables of the chemical composition and caloric content of Russian food: Reference book*]. M.izd., 2007, 267 p. (in Russian).
13. Spirichev V.B. Chto mogut i chego ne mogut vitamin [What can and what can not vitamins]. M., «Miklosh», 2003, 300 p. (in Russian).
14. Shevchenko V.V. Tovarovedenie b ekspertiza kachestva ribi i ribnih tovarov [Commodity research and examination of the quality of fish and fish products]. SPb., Piter, 2005, 256 p. (in Russian).

#### Информация об авторах

Гнедов Александр Александрович — доктор технических наук, профессор кафедры частного животноводства, УО «Витебская Государственная академия ветеринарной медицины» (210040, Республика Беларусь, г. Витебск, ул. Генерала Маргелова 1/65). E-mail: mangaxeia@mail.ru

#### Information about authors

Gnedov Alexander A. — Doctor in Engineering sciences, Professor of the Educational Establishment «Vitebsk State Academy of Veterinary Medicine» (1/65, Generala Margelova st., 210040, Vitebsk, Republic of Belarus). E-mail: mangaxeia@mail.ru

УДК 637.522

Поступила в редакцию 26.02.2020  
Received 26.02.2020

С.А. Гордынец, Л.А. Чернявская, В.М. Напреенко

*Институт мясо-молочной промышленности, г. Минск, Республика Беларусь***ИЗУЧЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТИ ЛЬНЯНОЙ МУКИ,  
КАК ПЕРСПЕКТИВНОГО ИНГРЕДИЕНТА В СОСТАВЕ МЯСНЫХ  
ПРОДУКТОВ ДЛЯ ПРОФИЛАКТИКИ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТЫХ  
ЗАБОЛЕВАНИЙ**

**Аннотация.** В статье представлены результаты научно-исследовательской работы по изучению аминокислотного и жирнокислотного составов льняной муки, как перспективного ингредиента для изготовления мясных продуктов (вареных колбасных изделий и мясных полуфабрикатов). Установлено, что льняная мука характеризуется более высокой аминокислотной сбалансированностью, чем пшеничная мука. Для пшеничной муки индекс незаменимых аминокислот составил 0,53, коэффициент утилитарности аминокислотного состава — 0,05, показатель сопоставимой избыточности — 6,81; для льняной муки, соответственно, — 1,07, 0,33 и 0,58. Отмечено более высокое содержание в льняной муке  $\alpha$ -линоленовой кислоты (больше в 11 раз), относящейся к семейству омега-3 полиненасыщенных жирных кислот. Таким образом, льняная мука может быть рекомендована для использования в составе мясных изделий для профилактики сердечно-сосудистых заболеваний в качестве функционального компонента.

**Ключевые слова:** льняная мука, пшеничная мука, биологическая ценность, незаменимые аминокислоты, жирные кислоты, сбалансированность, мясные продукты

S.A. Gordynets, L.A. Charniauskaya, V.M. Napreenko

*Institute of Meat and Dairy Industry, Minsk, Republic of Belarus***STUDYING THE BIOLOGICAL VALUE OF FLAX FLOUR AS A PROMISING  
INGREDIENT IN THE COMPOSITION OF MEAT PRODUCTS FOR  
PREVENTION OF CARDIOVASCULAR DISEASES**

**Abstract.** The article presents the results of research work on the amino acid and fatty acid composition of flax flour as a promising ingredient for meat products manufacturing (cooked sausages and semi-finished meat products). It was found that flax flour is characterized by a higher amino acid balance than wheat flour. For wheat flour, the essential amino acid index was 0,53, the utilitarian coefficient of the amino acid composition was 0,05, and the indicator of comparable redundancy was 6,81; for flax flour, respectively, 1,07, 0,33 and 0,58. A higher content of  $\alpha$ -linolenic acid in flax flour (11 times more), belonging to the omega-3 family of polyunsaturated fatty acids, was noted. In this way, flax flour can be recommended for the use as a functional component in the composition of meat products for prevention of cardiovascular diseases.

**Keywords:** flax flour, wheat flour, biological value, essential amino acids, fatty acids, balance, meat products

Одним из основных факторов, определяющих здоровье человека, является питание. Для нормального функционирования организма, поддержания хорошего самочувствия и работоспособности организма оно должно быть полноценным. Именно нарушение пищевого статуса в наибольшей степени оказывает влияние на развитие сердечно-сосудистых заболеваний, смертность от которых в настоящее время имеет наивысший процент от общего количества алиментарно-зависимых заболеваний во всем мире [1]. В связи с этим, актуальным является создание продуктов питания, оказывающих профилактическое действие на организм и способствующих улучшению здоровья человека. В настоящее время производство пищевых продуктов с добавленной питательной ценностью и продуктов функционального назначения находятся в центре внимания медиков и специалистов, занимающихся разработкой современных пищевых технологий [2, 3].

В технологии приготовления изделий колбасных вареных, а также мясных полуфабрикатов для увеличения вязкости и влагоудерживающей способности фарша, широко используется пшеничная мука высшего сорта, которая обладает высокой калорийностью, низкой биологической ценностью и имеет высокий аллергенный потенциал за счет содержащегося в ее составе глютена. В связи с этим, актуальным является поиск перспективных ингредиентов для ее замены.

Научный интерес с этой точки зрения представляет льняная мука — продукт помола семян льна после отделения масла.

Функциональное действие семян льна обусловлено наличием в них большого количества растительных белков, обладающих высокой биологической ценностью и усвояемостью, широким набором витаминов и минералов (особенно много калия, фосфора и магния). Пищевые волокна семян льна состоят из двух фракций: растворимой (слизи, галактоманнаны, гемицеллюлозы), способствующей улучшению ферментации в толстой кишке, увеличению короткоцепочечных жирных кислот, снижению содержания холестерина; и нерастворимой (целлюлоза), усиливающей перистальтику и способствующей очистке желудочно-кишечного тракта. Клетчатка обладает пребиотической активностью, улучшает микрофлору кишечника, способна сорбировать и выводить из организма токсические вещества [4]. В качестве природного антиоксиданта присутствует гамма-токоферол. Функционально-технологические свойства льняного белка, такие, как связывание воды, абсорбция масла, эмульгирующая способность сравнимы с аналогичными свойствами широко применяемого в производстве колбасных изделий соевого белка [4, 6, 7].

Многие ученые отмечают также полезные свойства льняной муки, поскольку она содержит большое количество белка, пищевые волокна, полиненасыщенные жирные кислоты (ПНЖК), богата витаминами, антиоксидантами и микроэлементами [8]. В связи с низким содержанием углеводов употребление льняной муки способствует нормализации веса, особенно полезна она людям, страдающим сахарным диабетом 1 и 2 типа [9].

**Целью настоящих исследований** явилось изучение биологической ценности белков и жирнокислотного состава льняной муки как перспективного ингредиента для производства мясных продуктов для профилактики сердечно-сосудистых заболеваний.

**Материалы и методы исследования.** Объектами исследований являлись: льняная мука производства ООО «Фабрика Органик Продукт» (Россия), широко представленная на рынке Республики Беларусь, и пшеничная мука высшего сорта (ОАО «Лидахлебпродукт», Республика Беларусь).

Исследования аминокислотного состава льняной и пшеничной муки проводились в научно-методическом испытательном отделе РУП «Научно-практический центр гигиены». Содержание аминокислот (аспарагиновой, глютаминовой, серина, треонина, глицина, аланина, аргинина, пролина, валина, метионина, лейцина, изолейцина, фенилаланина, цистеина, лизина, гистидина, тирозина) определяли методом высокоэффективной жидкостной хроматографии в соответствии с МВИ. МН 1363-2000 «Метод по определению аминокислот в продуктах питания с помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии».

Массовую долю белка определяли по ГОСТ 26889-86.

Аминокислотный скор вычисляли по формуле [10, 11]:

$$c_j = \frac{A_j}{A_{aj}} \cdot 100, \quad (1)$$

где  $A_j$  — содержание j-й незаменимой аминокислоты в продукте, г/100 г белка;  $A_{aj}$  — содержание j-й незаменимой аминокислоты, соответствующее физиологически необходимой норме (эталону), г/100 г белка; 100 — коэффициент пересчета в проценты.

Индекс незаменимых аминокислот (ИНАК) рассчитывали по формуле [10, 11]:

$$ИНАК = \sqrt[k]{\prod_{j=1}^k \left( \frac{A_j}{A_{aj}} \right)}, \quad (2)$$

где  $k$  — число аминокислот.

Коэффициент утилитарности j-й незаменимой аминокислоты (в долях единицы) рассчитывается по формуле:

$$a_j = \frac{c_{min}}{c_j}, \quad (3)$$

где  $c_{min}$  — минимальный аминокислотный скор, %.

Данный коэффициент используется для расчета коэффициента утилитарности аминокислотного состава ( $U$ ), который является численной характеристикой, достаточно полно отражающей сбалансированность незаменимых аминокислот по отношению к эталону [10]:

$$U = \frac{\sum_{j=1}^k (A_j a_j)}{\sum_{j=1}^k A_j} . \quad (4)$$

Показатель сопоставимой избыточности ( $\sigma_c$ ) определяли по формуле [11]:

$$\sigma_c = \frac{\sum_{j=1}^k (A_j - c_{\min} \cdot A_{\text{э}j})}{c_{\min}} . \quad (5)$$

Исследования жирнокислотного состава льняной и пшеничной муки проводились в производственно-испытательной лаборатории РУП «Институт мясо-молочной промышленности». Содержание жирных кислот определяли методом газовой хроматографии по ГОСТ 31663-2012, массовую долю жира — по ГОСТ 13496.15-97.

**Результаты и их обсуждение.** Аминокислоты играют важную роль в организме человека, ведь именно из них состоят белки, а из белков, в свою очередь, формируются практически все составляющие человеческого организма: важнейшие железы, связки, волосы, сухожилия, кости и даже гормоны. Главным показателем биологической ценности белка является его аминокислотный состав, дисбаланс в котором может привести к нарушениям белкового обмена.

В ходе научно-исследовательской работы изучали аминокислотный состав льняной и пшеничной муки. В группу исследуемых аминокислот входили аспарагиновая, глутаминовая кислота, серин, треонин, глицин, аланин, аргинин, пролин, валин, метионин, лейцин, изолейцин, фенилаланин, цистеин, лизин, гистидин, тирозин.

Содержание белка в льняной муке составило 31,9 г в 100 г продукта, в пшеничной муке — 12,7 г в 100 г продукта.

Результаты исследований аминокислотного состава пшеничной и льняной муки представлены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1. Содержание аминокислот в пшеничной и льняной муке  
Table 1. Amino acid content in wheat and Flaxseed flour

| Наименование показателя | Содержание, мг/100 г |                  | Содержание г/100 г белка |              |
|-------------------------|----------------------|------------------|--------------------------|--------------|
|                         | пшеничной муки       | льняной муки     | пшеничной муки           | льняной муки |
| Аспарагиновая кислота   | 381,2 ± 89,6         | 1468,6 ± 345,0   | 3,00                     | 4,66         |
| Глутаминовая кислота    | 4105,1 ± 940,9       | 4874,3 ± 1117,2  | 32,32                    | 15,28        |
| Серин                   | 593,1 ± 133,7        | 1443,2 ± 325,4   | 4,67                     | 4,52         |
| Треонин                 | 354,6 ± 80,0         | 1275,4 ± 287,6   | 2,79                     | 4,00         |
| Глицин                  | 445,5 ± 99,4         | 2080,5 ± 464,2   | 3,51                     | 4,00         |
| Аланин                  | 509,4 ± 115,3        | 1626,7 ± 368,1   | 4,01                     | 6,52         |
| Аргинин                 | 422,8 ± 96,2         | 3062,9 ± 697,1   | 3,33                     | 5,10         |
| Пролин                  | 1346,5 ± 297,8       | 1242,6 ± 274,9   | 10,60                    | 9,60         |
| Валин                   | 601,5 ± 133,2        | 1622,6 ± 359,2   | 4,74                     | 5,09         |
| Метионин                | < 10,0               | 396,3 ± 105,7    | 0,08                     | 1,24         |
| Лейцин                  | 535,6 ± 119,4        | 1638,7 ± 365,3   | 4,22                     | 5,14         |
| Изолейцин               | 1007,6 ± 205,1       | 2500,2 ± 509,0   | 7,93                     | 7,84         |
| Фенилаланин             | 700,4 ± 153,9        | 1749,3 ± 384,5   | 5,51                     | 5,48         |
| Цистеин                 | < 10,0               | < 10,0           | 0,08                     | 0,03         |
| Лизин                   | 360,9 ± 79,8         | 1582,6 ± 350,1   | 2,84                     | 4,96         |
| Гистидин                | 128,8 ± 28,5         | 635,3 ± 140,3    | 1,01                     | 1,99         |
| Тирозин                 | 389,8 ± 79,2         | 697,8 ± 141,9    | 3,07                     | 2,19         |
| Триптофан*              | 127,0                | 950              | 1,0                      | 2,98         |
| Суммарное количество    | 12009,7 ± 2626,1     | 28846,8 ± 6165,2 | 93,72                    | 90,62        |

Примечание: \* — литературные данные [12, 13].



На основании проведенных исследований установлено, что суммарное количество аминокислот в 100 г белка пшеничной муки больше, чем в 100 г белка льняной муки на 3,31 % (табл. 1). Это обусловлено, в первую очередь, высоким содержанием в белке пшеничной муки глутаминовой кислоты, которая синтезируется в организме человека и относится к классу заменимых аминокислот.

Незаменимыми аминокислотами, оказывающими влияние на сердечно-сосудистые заболевания, являются метионин, лизин, триптофан, лейцин, изолейцин.

**Метионин** — алифатическая серосодержащая  $\alpha$ -аминокислота, относящаяся к липотропным веществам, оказывающим влияние на обмен липидов и фосфолипидов. Она способствует снижению холестерина сыворотки крови и влияет на характер патоморфологических и гистологических изменений в аорте. Метионин применяют при хирургических операциях на сердце и при инфаркте миокарда, а также при тиреотоксикозе. При недостатке данной аминокислоты в пищевом рационе увеличивается склонность к возникновению атеросклеротических изменений в сосудах [14, 15]. Как видно из данных табл. 1 в пшеничной муке метионин есть и присутствует, то в пределах погрешности измерения, а в 100 г льняной муки содержится  $(396,3 \pm 105,7)$  мг данной аминокислоты. По сумме аминокислот метионина и цистеина в льняной муке их содержание в 20,3 раза больше, чем в пшеничной.

**Лизин** — аминокислота, которая способна нейтрализовать липопротеины низкой плотности, препятствуя их отложению в сосудистой стенке. Кроме того, лизин в определенной концентрации может связывать те липопротеины низкой плотности, которые отложились в сосудах, и, таким образом, удалять его из атеросклеротической бляшки. Эти свойства лизина обеспечивают уменьшение размера бляшки, увеличение просвета сосуда и восстановление циркуляции крови. Поэтому лизин незаменим для профилактики и комплексного лечения атеросклероза. Также данная аминокислота понижает уровень триглицеридов крови, а недостаток способствует развитию спазмов коронарных сосудов и может являться причиной хронических заболеваний сердца [14, 15]. Из данных табл. 1 видно, что содержание лизина в льняной муке в 4,4 раза выше, чем в пшеничной.

**Триптофан** — это аминокислота (суточная потребность 1 г), которая в организме преобразуется в нейромедиатор — серотонин. Фармакологическое действие триптофана проявляется увеличением уровня серотонина в тканях, что приводит к усилению кровоснабжения скелетных мышц, увеличению циркуляции крови, увеличению ударного объема сердца, антидепрессивному действию. Данная аминокислота участвует в биохимических процессах, снабжающих миокард необходимой энергией, особенно необходимой при терапии сердечной недостаточности. Дефицит триптофана способствует развитию спазмов коронарных сосудов и может явиться причиной хронических заболеваний сердца [14, 15]. На основании литературных данных установлено, что содержание триптофана в льняной муке в 7,5 раза выше, чем в пшеничной.

**Лейцин** — аминокислота, которая отвечает за регуляцию синтеза белков миокарда, а также участвует в регулировании контроля глюкозы и секреции инсулина. Данная аминокислота понижает уровень сахара в крови и стимулирует выделение гормона роста, препятствует образованию тромбов, расширяет сосуды и усиливает их кровенаполнение. Регулярное использование лейцина приводит к сокращению частоты приступов стенокардии, повышению толерантности к физической нагрузке и увеличению функциональной активности у больных ишемией сердца [14, 15]. Содержание лейцина в льняной муке выше, чем в пшеничной в 3 раза.

**Изолейцин** — одна из аминокислот, необходимых для синтеза гемоглобина. Она стабилизирует и регулирует уровень сахара в крови и процессы энергообеспечения. Метаболизм изолейцина происходит в мышечной ткани [14, 15]. Как видно из данных таблицы 1 в льняной муке изолейцина в 2,5 раза больше, чем в пшеничной.

Рекомендуемые величины суточного потребления незаменимых аминокислот, играющих важную роль в профилактике сердечно-сосудистых заболеваний, в составе продуктов лечебного и профилактического питания представлены в табл. 2 [16].

**Таблица 2. Рекомендуемые величины суточного потребления незаменимых аминокислот в составе продуктов лечебного и профилактического питания [16]**

**Table 2. Recommended values of daily consumption of essential amino acids in the composition of therapeutic and preventive nutrition products [16]**

| Незаменимая аминокислота | Адекватный уровень потребления, г/сут | Верхний допустимый уровень потребления, г/сут |
|--------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------------|
| Метионин+цистеин         | 1,8                                   | 2,8                                           |
| Лизин                    | 4,1                                   | 6,4                                           |
| Триптофан                | нет данных                            |                                               |
| Лейцин                   | 4,6                                   | 7,3                                           |
| Изолейцин                | 2,0                                   | 3,1                                           |

Как видно из данных табл. 1 и 2, употребление 100 г льняной муки позволяет удовлетворить суточную потребность организма взрослого человека в аминокислотах: метионин и цистеин — на 23,1 %, лизин — на 38,6 %, лейцин — на 35,6 %, изолейцин — полностью. При этом употребление 100 г пшеничной муки в сутки позволяет удовлетворить суточную потребность в метионине и цистеине всего на 1,1 %, в лизине — на 8,8 %, в лейцине — на 11,6 %, в изолейцине — на 50,4 %.

Современная наука о питании утверждает, что белок должен удовлетворять потребности организма в аминокислотах не только по количеству. Эти вещества должны поступать в определенных соотношениях между собой, так как аминокислотный дисбаланс может проявляться в нарушении процессов метаболизма [17].

Показателем, характеризующим биологическую ценность белка, является аминокислотный скор, выражающийся отношением фактического содержания аминокислоты к эталону. Лимитирующей биологическую ценность аминокислотой является та, скор которой составляет менее 100 %. В качестве эталона использовали идеальный белок ФАО/ВОЗ (1973) [18, 19]. Аминокислотный скор льняной и пшеничной муки рассчитывали по незаменимым аминокислотам. Результаты расчетов представлены в табл. 3.

Таблица 3. Аминокислотный скор незаменимых аминокислот исследованных образцов  
Table 3. Amino acid score of essential amino acids of the studied samples

| Аминокислоты                  | «Идеальный» белок, ФАО/ВОЗ (1973), г/100 г белка [18, 19] | Содержание, г/100 г белка |              | Аминокислотный скор, % |              |
|-------------------------------|-----------------------------------------------------------|---------------------------|--------------|------------------------|--------------|
|                               |                                                           | пшеничной муки            | льняной муки | пшеничной муки         | льняной муки |
| Изолейцин                     | 4,0                                                       | 7,93                      | 7,84         | 198,35                 | 195,94       |
| Лейцин                        | 7,0                                                       | 4,22                      | 5,14         | 60,25                  | 73,39        |
| Лизин                         | 5,5                                                       | 2,84                      | 4,96         | 51,67                  | 90,20        |
| Метионин+ цистеин             | 3,5                                                       | 0,16                      | 1,24         | 4,50                   | 35,49        |
| Фенилаланин+тирозин           | 6,0                                                       | 8,58                      | 7,67         | 143,07                 | 127,85       |
| Треонин                       | 4,0                                                       | 2,79                      | 4,00         | 69,80                  | 99,95        |
| Валин                         | 5,0                                                       | 4,74                      | 5,09         | 94,72                  | 101,73       |
| Триптофан                     | 1,0                                                       | 1,00                      | 2,98         | 100,00                 | 297,81       |
| Сумма незаменимых аминокислот | 36,0                                                      | 32,26                     | 38,92        | —                      | —            |

Как видно из табл. 3, сумма незаменимых аминокислот в 100 г белка пшеничной муки составила 32,26 г, в 100 г белка льняной — 38,92 г. Определено, что льняная мука имеет высокие значения аминокислотного сора (более 100 %) для аминокислот изолейцин (195,94 %), фенилаланин и тирозин (127,85 %), валин (101,73 %) и триптофан (297,81 %). Лимитирующей является сумма аминокислот метионин и цистеин, поскольку она имеет наименьшее значение аминокислотного сора (35,49 %). Пшеничная мука характеризуется аминокислотными скором ниже 100 % по следующим аминокислотам: лейцин, лизин, сумма метионина и цистеина, треонин, валин. Отмечено существенное отличие пшеничной и льняной муки по аминокислотному скору суммы аминокислот метионин и цистеин (на 30,99 п.п.), лизина (на 38,53 п.п.) и триптофана (на 197,81 %).

Для характеристики биологической ценности льняной и пшеничной муки использовали дополнительные критерии — индекс незаменимых аминокислот (ИНАК), коэффициент утилитарности аминокислотного состава и показатель сопоставимой избыточности [10, 11].

Индекс незаменимых аминокислот представляет собой модификацию метода химического сора и позволяет учитывать количество всех незаменимых аминокислот [17].

Коэффициент утилитарности аминокислотного состава имеет практическое значение, так как возможность утилизации аминокислот организмом предопределена минимальным скором одной из них [17].

Для оценки сбалансированности состава незаменимых аминокислот служит показатель сопоставимой избыточности, который отражает общее количество незаменимых аминокислот в белке оцениваемого продукта, которое из-за взаимонесбалансированности по отношению к эталону не может быть утилизировано организмом [17].

В табл. 4 представлены значения показателей аминокислотной сбалансированности льняной и пшеничной муки, рассчитанные по формулам (2), (3, 4), (5).

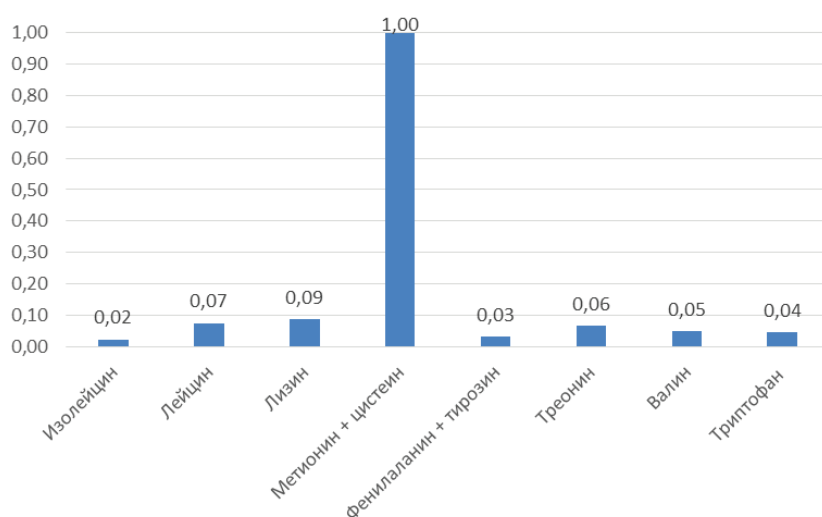
Как видно из табл. 4, ИНАК льняной муки незначительно выше эталона, и превышает аналогичный показатель для пшеничной муки на 0,54 единицы. Коэффициент утилитарности аминокислот-

ного состава льняной муки — 0,33, пшеничной — 0,05, показатель сопоставимой избыточности для льняной муки — 0,58, для пшеничной — 6,81. Расчет показателей аминокислотной сбалансированности показал, что льняная мука имеет более высокую биологическую ценность, чем пшеничная.

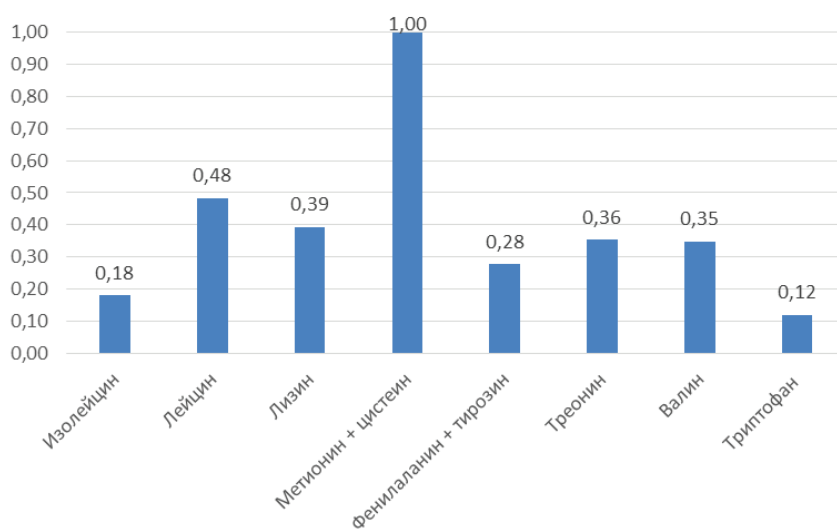
Таблица 4. Аминокислотная сбалансированность льняной и пшеничной муки  
Table 4. Amino acid balance of Flaxseed and wheat flour

| Показатель                                        | «Идеальный» белок,<br>ФАО/ВОЗ (1973),<br>г/100 г [18, 19] | Значение показателя для |              |
|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-------------------------|--------------|
|                                                   |                                                           | пшеничной муки          | льняной муки |
| Индекс незаменимых аминокислот                    | 1                                                         | 0,53                    | 1,07         |
| Коэффициент утилитарности аминокислотного состава | 1                                                         | 0,05                    | 0,33         |
| Показатель сопоставимой избыточности              | 0                                                         | 6,81                    | 0,58         |

На рис. 1 представлены показатели утилитарности незаменимых аминокислот исследованных образцов.



а) пшеничной муки



б) льняной муки

Рис. 1. Показатель утилитарности незаменимых аминокислот  
Fig. 1. An indicator of the utility of essential amino acids

Как видно из диаграмм, представленных на рис. 1, льняная мука отличается более сбалансированным аминокислотным составом белков, чем пшеничная. По показателю утилитарности незаменимые аминокислоты льняной муки можно расположить в следующей убывающей последовательности: метионин+цистеин (1,0) → лейцин (0,48) → лизин (0,39) → треонин (0,36) → валин (0,35) → фенилаланин+тирозин (0,28) → изолейцин (0,18) → триптофан (0,12).

Важное значение в профилактике сердечно-сосудистых заболеваний имеет потребление ПНЖК, особенно незаменимых (не синтезируемых в организме). К незаменимым ПНЖК относятся 18-атомные кислоты семейств  $n-6$  и  $n-3$  (омега-6 и омега-3): линолевая кислота (ЛК) с двумя двойными связями ( $18:2n-6$ ) и  $\alpha$ -линоленовая кислота (АЛК) с тремя двойными связями ( $18:3n-3$ ). Человек может получать эти незаменимые ПНЖК только с пищей. Основная роль ЛК и АЛК в организме человека состоит в том, что они могут являться биохимическими предшественниками физиологически значимых длинноцепочечных ПНЖК с 20–22 атомами углерода. Длинноцепочечные ПНЖК, называемые частично незаменимыми, — это арахидоновая (эйкозатетраеновая) кислота ( $20:4n-6$ , АРК), эйкозапентаеновая кислота ( $20:5n-3$ , ЭПК) и докозагексаеновая кислота ( $22:6n-3$ , ДГК). Как это видно из условных обозначений, АРК относится к семейству омега-6, а ЭПК и ДГК — к семейству омега-3 [20].

Из современных биохимических данных следует, что в организме человека в первую очередь должно содержаться достаточное количество омега-3 ПНЖК, так как из них синтезируются биологически активные вещества, влияющие на тонус сосудов, функцию тромбоцитов, развитие воспалительных реакций и др. [20]. В частности, лейкотриены, образующиеся из омега-3 ПНЖК, обладают способностью понижать уровень провоспалительных лейкотриенов омега-6 ПНЖК, результатом чего является стабилизация атеросклеротических бляшек и повышение эластичности артериальной стенки; простагландины оказывают сосудорасширяющее и дезагрегантное действие [21]. В мембранах кардиомиоцитов омега-3 ПНЖК регулируют функцию ионных каналов и оказывают антиаритмогенное действие; встраиваясь в клеточные мембраны тромбоцитов, — обеспечивают их стабилизацию и, как следствие, дезагрегантный эффект [22]. Кроме того, омега-3 ПНЖК благоприятно влияют на липидный спектр крови, снижая уровень триглицеридов [23].

Приведенные данные в пользу омега-3-ПНЖК не снижают биологического значения АРК. Безусловно, данная жирная кислота необходима организму человека. Ее метаболиты выполняют важные регуляторные функции, и поскольку в условиях здоровья наиболее важным считается поддержание тонуса мускулатуры, сохранение целостности сосудов, предотвращение кровоточивости от мелких бытовых травм, то большое значение приобретают метаболиты АРК, обладающие бронхо- и вазоконстрикторными свойствами, являющиеся индукторами агрегации форменных элементов крови [24].

Рекомендуемое количество ПНЖК в составе продуктов для лечебного и профилактического питания — 11–20 г в сут [16]. Не менее важным является баланс между омега-6 и омега-3 жирными кислотами (1–3 г в сут ПНЖК семейства омега-3 и 10 г в сут ПНЖК семейства омега-6 [16]) [25]. Имеются сведения, что соблюдение определенного соотношения омега-6 и омега-3 жирных кислот в ежедневной диете является успешным механизмом предотвращения развития сердечно-сосудистых заболеваний [25].

Установлено, что преобладание омега-3 жирных кислот в ПНЖК в диете (более 50 %) приводит к снижению содержания холестерина в крови. При этом высокое содержание холестерина в крови не приводит к смерти, если количество омега-3 жирных кислот превышает количество омега-6 жирных кислот в общей сумме ПНЖК [25]. А преобладание омега-6 ПНЖК в питании способствует не только увеличению риска возникновения сердечно-сосудистых заболеваний, но и психиатрическим отклонениям, иммунодефициту, развитию раковых опухолей [26]. С другой стороны, высокое потребление омега-3 ПНЖК помимо снижения риска возникновения сердечно-сосудистых заболеваний повышает познавательные функции, снижает риск развития слабоумия, развивает ассоциативную память, способствует поднятию настроения, хорошего самочувствия и энергичности, воздействует на нормализацию работы центральной нервной системы [26].

В ходе выполнения научно-исследовательской работы изучали жирнокислотный состав льняной и пшеничной муки. Результаты исследований представлены в табл. 5. Массовая доля жира в льняной муке составила 10,11 %, в пшеничной — 1,03 %.

Сравнительный анализ жирнокислотного состава льняной и пшеничной муки (табл. 5) показал, что в жире пшеничной муки содержится большее количество НЖК (на 36 %) и ПНЖК (на 1,2 %), чем в жире льняной муки. Однако из ПНЖК в жире пшеничной муки преобладает ЛК (64,56 %), а в льняной — АЛК (45,22 %). Содержание АРК (омега-6) в жире пшеничной муки больше, чем в жире льняной в 1,5 раза, ЛК (омега-6) — в 2,8 раза. По содержанию АЛК (омега-3) первый ингредиент значительно уступает второму (меньше в 11 раз). Таким образом, содержащийся в льняной муке жир является хорошим источником ПНЖК, в первую очередь АЛК (омега-3).

Таблица 5. Жирнокислотный состав льняной и пшеничной муки, % от суммы жирных кислот  
Table 5. Fatty acid composition of flax and wheat flour, % of the amount of fatty acids

| Наименование жирной кислоты     | Значение показателя, % от суммы жирных кислот, для |               |
|---------------------------------|----------------------------------------------------|---------------|
|                                 | пшеничной муки                                     | льняной муки  |
| <b>Насыщенные (НЖК):</b>        | <b>16,39</b>                                       | <b>10,497</b> |
| — масляная                      | 0,02                                               | 0,01          |
| — капроновая                    | 0,02                                               | 0,02          |
| — каприловая                    | 0,01                                               | 0,003         |
| — каприновая                    | 0,01                                               | 0,004         |
| — лауриновая                    | 0,01                                               | 0,01          |
| — миристиновая                  | 0,08                                               | 0,05          |
| — пентадекановая                | 0,07                                               | 0,02          |
| — пальмитиновая                 | 14,67                                              | 5,92          |
| — маргариновая                  | 0,10                                               | 0,05          |
| — стеариновая                   | 1,07                                               | 3,72          |
| — арахидовая                    | 0,10                                               | 0,14          |
| — трикозановая                  | 0,08                                               | 0,44          |
| — лигноцеридовая                | 0,15                                               | 0,11          |
| <b>Мононенасыщенные (МНЖК):</b> | <b>12,33</b>                                       | <b>19,05</b>  |
| — миристолеиновая               | 0,01                                               | 0,01          |
| — пальмитолеиновая              | 0,08                                               | 0,09          |
| — гептадеценная                 | 0,08                                               | 0,03          |
| — элаидиновая+олеиновая         | 12,16                                              | 18,92         |
| <b>Полиненасыщенные (ПНЖК):</b> | <b>71,28</b>                                       | <b>70,42</b>  |
| — линолевая (ЛК — омега-6)      | 64,56                                              | 22,97         |
| — гамма-линоленовая (омега-6)   | 1,64                                               | 1,88          |
| — линоленовая (АЛК — омега-3)   | 4,11                                               | 45,22         |
| — цис-11-эйкозеновая            | 0,47                                               | 0,12          |
| — цис-11, 14-эйкозодиеновая     | 0,13                                               | 0,03          |
| — арахидоновая (АРК — омега-6)  | 0,19                                               | 0,13          |
| — декозагексаеновая+нервоновая  | 0,18                                               | 0,07          |
| <b>Всего</b>                    | <b>100,00</b>                                      | <b>100,00</b> |

Наряду с ПНЖК интерес представляют МНЖК — группа эссенциальных липидов, в молекулах которых присутствует одна двойная углеродная связь. Главная функция данных веществ — нормализация обменных процессов в организме. При регулярном приеме МНЖК уменьшается количество «плохого» холестерина в крови, улучшается тонус сосудов, снижается риск возникновения сердечно-сосудистых патологий (инсульта или инфаркта). Кроме того, пальмитиновая и элаидиновая+олеиновая МНЖК проявляют кардиопротекторные свойства. Их используют для лечения сердечно-сосудистых и аутоиммунных патологий [27].

Как видно из данных табл. 5 содержание МНЖК в жире льняной муки больше, чем в пшеничной на 54,5 %, при этом содержание пальмитиновой кислоты приблизительно одинаковое, а содержание суммы элаидиновой и олеиновой кислот в жире льняной муки в 1,56 раз больше, чем в пшеничной. Сумма МНЖК и ПНЖК по отношению к НЖК больше в 8,5 раз.

Таким образом, проведенные исследования по изучению аминокислотного состава льняной и пшеничной муки позволили установить, что льняная мука имеет более высокое содержание метионина и цистеина (в 20,3 раза), триптофана (в 7,5 раза), лизина (в 4,4 раза), лейцина (в 3 раза), изолейцина (в 2,5 раза) и характеризуется более высокой аминокислотной сбалансированностью, чем пшеничная мука, что свидетельствует об ее более высокой биологической ценности.

Льняная мука является хорошим источником МНЖК и ПНЖК семейств омега-3 (АЛК) и омега-6 (ЛК), необходимых для правильного роста и функционирования организма человека, так как они входят в состав всех клеточных оболочек и мембран.

Таким образом, высокий процент удовлетворения суточной потребности в незаменимых аминокислотах, а также высокое содержание, в первую очередь, АЛК (омега-3), позволяет рекомендовать льняную муку для изготовления функциональных мясных продуктов для профилактики сердечно-сосудистых заболеваний.



# Список использованных источников

1. World health statistics 2019: monitoring health for the SDGs, sustainable development goals [Electronic resource] // Geneva: World Health Organization; 2019. — 132 p. — Mode of access: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/324835>. — Date of access: 10.02.2020.
2. Гаязова, А.О. Перспективные направления развития производства мясных полуфабрикатов / А.О. Гаязова, М.Б. Ребезов, Е.А. Паульс, Р.А. Ахмедьярова, А.С. Косолапова // Молодой ученый. — 2014. — №9 (68). — С. 127–129.
3. Шмалько, Н.А. Характеристика состава и свойств липидов пшеничной и амарантовой муки / Н.А. Шмалько // Техника и технология пищевых производств. — 2011. — № 4. — С. 1–5.
4. Киреева, М.С. Перспективное использование семени льна в специализированном питании // Материалы международного научно-практического семинара «Роль льна в улучшении среды обитания и активном долголетии человека» / М.С. Киреева, В.Ю. Маркина, М.И. Меркулова, Э.Э. Эгги и др. — Тверь, 2012. — С. 181–185.
5. Мелешкина, Е.П. Научный подход к переработке семян льна на основе использования их фитохимического потенциала с целью создания новых пищевых продуктов с заданными свойствами // Аграрный вестник Юго-Востока. — 2016. — №1–2. — С. 68–71.
6. Барбашов, А.В. Групповой состав белкового комплекса про-рошенных семян льна современных сортов / А.В. Барбашов, И.В. Шульвинская // Изв. вузов. Пищев. технol. — 2006. — №4. — С. 40–41.
7. Меренкова, С.П. Анализ влияния льняной муки на структурно-механические свойства мясных продуктов / С.П. Меренкова, В.В. Семиздралова, А.В. Паймулина // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». — 2018. — Т. 6. — № 4. — С. 42–51.
8. Миневиц, И. Использование семян льна в хлебопечении / И. Миневиц, В. Зубцов, Т. Цыганова // Хлебопродукты. — 2008. — № 3. — С. 38.
9. Мещерякова, В.А. Правильный выбор хлеба для профилактики различных заболеваний и при лечебно-диетическом питании / В.А. Мещерякова // Хлебное дело. — 2003. — № 1 (15). — С. 23–25.
10. Антипова, Л.В. Методы исследования мяса и мясных продуктов : учебник / Л.В. Антипова, И.А. Плотова, И.А. Рогов ; ред. Н.В. Куркина. — М. : Колос, 2001. — 571 с.
11. Липатов, Н.Н. Формализованный анализ аминок- и жирокислотной сбалансированности сырья, перспективного для проектирования продуктов детского питания с задаваемой пищевой адекватностью / Н.Н. Липатов, Г.Ю. Сажинов, О.Н. Башкиров // Хранение и переработка сельхозсырья, 2001. — № 8. — С. 11–14.
12. Химический состав пищевых продуктов. Книга 2: Справочные таблицы содержания аминокислот, жирных кислот, витаминов, макро- и микроэлементов, органических кислот и углеводов / под ред. проф., д-ра техн. наук И. М. Скурихина, проф., д-ра мед. наук М.Н. Волгарева — 2-е изд., перераб и доп. — М.: ВО «Агропромиздат», 1987. — 360 с.
13. Пашенко, Л.П. Характеристика семян льна и их применение в производстве продуктов питания / Л.П. Пашенко, А.С. Прохорова, Я.Ю. Кобцева, И.А. Никитин // Хранение и переработка сельхозсырья. — 2004. — № 7. — С. 56–57.
14. Кардиология: Руководство для врачей / под ред. Р.Г. Оганова и И.Г. Фоминой. — М. : Медицина. — 2004. — 848 с.
15. Гордынец, С.А. Аминокислотный состав мясного сырья, перспективного для создания продуктов для профилактики сердечно-сосудистых заболеваний / С.А. Гордынец, В.М. Напременко // Актуальные вопросы переработки мясного и молочного сырья. — 2017. — Т.11 — № 11. — С. 138–143.
16. Методические рекомендации МР 2.3.1.1915-04 «Рекомендуемые уровни потребления пищевых и биологически активных веществ» (утв. Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека 02.07.2004 г., актуализированы 12.02.2016 г.).
17. Мелешня, А.В. Основные принципы создания мясных продуктов функционального назначения для питания учащейся молодежи и людей, занимающихся умственным трудом: монография / А.В. Мелешня, С.А. Гордынец, Т.А. Савельева, И.В. Калтович. — Минск: РУП «Институт мясо-молочной промышленности», 2017. — 161 с.
18. FAO/UNU Expert Consultation. Protein Quality Evaluation. Food and Agricultural Organization of the United Nations, FAO Food and Nutrition Paper 51. Rome. — 1990.
19. FAO/UNU Expert Consultation. Energy and Protein Requirements. Technical Report Series 724 // World Health Organization, Geneva. — 1985.
20. Гладышев, М.И. Незаменимые полиненасыщенные жирные кислоты и их пищевые источники для человека / М.И. Гладышев // Journal of Siberian Federal University. Biology. — №4. — 2012. — С. 352–386.
21. Говорин, А.В. Омега-3 полиненасыщенные жирные кислоты в лечении больных с сердечно-сосудистыми заболеваниями / А.В. Говорин, А.П. Филев // Рациональная фармакотерапия в кардиологии. — 2012. — № 8(1). — С. 95–102.
22. Рождественский, Д.А. Клиническая фармакология омега-3 полиненасыщенных жирных кислот / Д.А. Рождественский, В.А. Бокий // Международные обзоры: клиническая практика и здоровье. — 2014. — № 3(9). — С. 121–134.

23. Гайковая, Л.Б. Роль омега-3 полиненасыщенных жирных кислот в профилактике гиперлипидемий у женщин группы риска / Л.Б. Гайковая, В.Г. Богданова, А.Т. Бурбелло и др. // Профилактическая и клиническая медицина. — 2011. — no. 2(39). — С. 22–25.
24. Васильев, А.П. Омега-3-жирные кислоты в кардиологической практике / А.П. Васильев, Н.Н. Стрельцова // Consilium Medicum. — 2017. — Т. 19. — № 10. — С. 96–104.
25. Зайцева, Л.В. Баланс полиненасыщенных жирных кислот в питании / Л.В. Зайцева, А.П. Нечаев // Пищевая промышленность. — № 11. — 2014. — С. 56–59.
26. A balanced omega-6/omega-3 fatty acids ratio, cholesterol and coronary heart disease: World review of nutrition and dietetics. Vol. 100 / Ed.: A.P. Simopoulos, F. De Meester. — Basel: KARGER, 2009. — 125 p.
27. Мононенасыщенные жирные кислоты [Электронный ресурс] / Food Healt. — Режим доступа: <https://foodandhealth.ru/komponenty-pitaniya/mononenasyshchennye-zhirnye-kisloty/>. — Дата доступа: 12.02.2020.

## References

1. World health statistics 2019: monitoring health for the SDGs, sustainable development goals. Geneva: World Health Organization; 2019. — 132 p. Available at: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/324835> (Accessed 10.02.2020).
2. Gayazova A.O., Rebezov M.B., Paul's E.A., Akhmed'yarova R.A., Kosolapova A.S. Perspektivnye napravleniya razvitiya proizvodstva myasnykh polufabrikatov [*Perspective directions of development of meat semi-finished products production*]. Molodoy uchenyy, 2014, no. 9 (68), pp. 127–129.
3. Shmal'ko N.A. Kharakteristika sostava i svoystv lipidov pshenichnoy i amarantovoy muki [Composition and lipid properties of wheat and amaranth flour]. Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv, 2011, no. 4, pp. 1–5.
4. Kireeva M.S., Markina V.Yu., Merkulo-va M.I., Eggi E.E. i dr. Perspektivnoe ispol'zovanie semeni l'na v specializirovannom pitanii [*Promising use of flax seed in specialized nutrition*]. Materialy mezhdunarodnogo nauchno-prakticheskogo seminar «Rol' l'na v uluchshenii sredy obitaniya i aktivnom dolgoletii cheloveka» [*Materials of the international scientific-practical seminar «The role of flax in improving the environment and active human longevity»*], Tver', 2012, pp. 181–185.
5. Meleshkina E.P. Nauchnyy podhod k pererabotke semyan l'na na osnove ispol'zovaniya ih fitohimicheskogo potentsiala s cel'yu sozdaniya novykh pishchevykh produktov s zadannymi svoystvami [*The scientific approach to flax seeds processing based on the use of their phytochemical potential for creating of new food products with desired properties*]. Agrarnyy vestnik YUgo-Vostoka, 2016, no. 1–2, pp. 68–71.
6. Barbashov A.V., Shul'vinskaya I.V. Gruppovoy sostav belkovogo kompleksa pro-roshchennykh semyan l'na sovremennykh sortov [*Group composition of the protein complex of grown flax seeds of modern varieties*]. Izv. vuzov. Pishchev. Tekhnol., 2006, no. 4, pp. 40–41.
7. Merenkova S.P., Semizdralova V.V., Pajmulina A.V. Analiz vliyaniya l'nyanoj muki na strukturno-mekhanicheskie svoystva myasnykh produktov [*Analysis of the influence of linseed meal on structural-and-mechanical properties of meat products*]. Vestnik YUUrGU. Seriya «Pishchevye i biotekhnologii», 2018, vol. 6, no 4, pp. 42–51.
8. Minevich I., Zubcov V., Cyganova T. Ispol'zovanie semyan l'na v hlebopechenii [Use of seeds of flax in bread baking]. Hleboprodukty, 2008, no. 3, p. 38.
9. Meshcheryakova, V. A. Pravil'nyy vybor hleba dlya profilaktiki razlichnykh zabolevanij i pri lechenno-dieticheskom pitanii [*The right choice of bread for the prevention of various diseases and for medical and dietary nutrition*]. Hleбноe delo, 2003, no. 1 (15), pp. 23–25.
10. Antipova L.V., Glotova I.A., Rogov I.A.; red. Kurkina N.V. Metody issledovaniya myasa i myasnykh produktov : uchebnik [*Methods of research of meat and meat products: textbook*]. Moscow : Kolos Publ., 2001, 571 p.
11. Lipatov N.N., Sazhinov G.Yu., Bashkirov O.N. Formalizovannyj analiz amino- i zhirokislotnoj sbalansirovannosti syr'ya, perspektivnogo dlya proektirovaniya produktov detskogo pitaniya s zadavaemoj pishchevoj adekvatnost'yu [*Formalized analysis of the amino-and fat-acid balance of raw materials that are suitable for designing baby food products with a specified nutritional value*]. Hranenie i pererabotka sel'hozsyrya, 2001, no 8, pp. 11–14.
12. Himicheskij sostav pishchevykh produktov. Kniga 2: Spravochnye tablicy sodержaniya ami-nokislot, zhirnykh kislot, vitaminov, makro- i mikroelementov, organicheskikh kislot i uglevodov / pod red. prof., d-ra tekhn. nauk I. M. Skurikhina, prof., d-ra med. nauk M.N. Volgareva. 2-e izd., pererab i dop. [*Chemical composition of food products. Book 2: Reference tables of amino acids, fatty acids, vitamins, macro-and microelements, organic acids, and carbohydrates*], Moscow, IN «Agropromizdat», 1987, 360 p.
13. Pashchenko L.P., Prohorova A.S., Kobceva YA.YU., Nikitin I.A. Harakteristika semyan l'na i ih primeneniye v proizvodstve produktov pitaniya [*Characteristics of flax seeds and their use in food production*]. Hranenie i pererabotka sel'hozsyrya, 2004, no. 7, pp. 56–57.
14. Kardiologiya: Rukovodstvo dlya vrachej / pod red. R.G. Oganova i I.G. Fominoy. [*Cardiology: a guide for doctors*]. Moscow, Medicine, 2004, 848 p.

15. Gordynets S.A., Napreenko V.M. Aminokislотноy sostav myasnogo syr'ya, perspektivnogo dlya sozdaniya produktov dlya profilaktiki serdechno-sosudistyh zabolevanij. [Amino acid composition of meat raw material, perspective for creation of products for prevention of cardiovascular diseases] // Aktual'nye voprosy pererabotki myasnogo i molochного syr'ya, Minsk, 2017, T.11, no 11, pp. 138–143.
16. Metodicheskie rekomendacii MR 2.3.1.1915-04 «Rekomenduemye urovni potrebleniya pi-shchevyh i biologicheski aktivnyh veshchestv» [Recommended levels of dietary and biologically active substances consumption] (utv. Federal'noj sluzhboj po nadzoru v sfere zashchity prav potrebitel'ej i blagopoluchiya cheloveka 02.07.2004 g., aktualizirovany 12.02.2016 g.).
17. Meleshchenya A.V., Gordynets S.A., Savel'yeva T.A., Kaltovich I.V. Osnovnye printsipy sozdaniya myasnykh produktov funktsional'nogo naznacheniya dlya pitaniya uchashchey'sya molodezhi i lyudey, zanimayushchikhsya umstvennym trudom: monografiya [Basic principles of creating functional meat products for nutrition of students and people engaged in intellectual work], Minsk: RUE «Institute of meat and dairy industry», 2017, 161 p.
18. FAO/UNU Expert Consultation. Protein Quality Evaluation. Food and Agricultural Organization of the United Nations, FAO Food and Nutrition Paper 51, Rome, 1990.
19. FAO/UNU Expert Consultation. Energy and Protein Requirements. Technical Report Series 724 // World Health Organization, Geneva, 1985.
20. Gladyshev, M.I. Nezamenimye polinenasyshchennyye zhirnye kisloty i ih pishchevye istochniki dlya cheloveka [Essential Polyunsaturated Fatty Acids and their Dietary Sources for Man]. Journal of Siberian Federal University. Biology, no. 4, 2012, pp. 352–386.
21. Govorin A.V., Filev A.P. Omega-3 polinenasyshchennyye zhirnye kisloty v lechenii bol'nyh s serdechno-sosudistymi zabolevaniyami [Omega-3 polyunsaturated fatty acids in the treatment of patients with cardiovascular diseases] // Racional'naya farmakoterapiya v kardiologii, 2012, no. 8(1), pp. 95–102.
22. Rozhdestvenskiy D.A., Bokij V.A. Klinicheskaya farmakologiya omega-3 polinenasyshchennykh zhirnykh kislot [Clinical pharmacology of omega-3 polyunsaturated fatty acids]. Mezhdunarodnye obzory: klinicheskaya praktika i zdorov'e, 2014, no. 3(9), pp. 121–134.
23. Gajkovaya L.B., Bogdanova V.G., Burbello A.T. i dr. Rol' omega-3 polinenasyshchennykh zhirnykh kislot v profilaktike giperlipidemij u zhenshin gruppy riska [Role of  $\omega$ -3 polyunsaturated acid in prophylaxis of hyperlipidaemia in women with cardiovascular risk factors]. Profilakticheskaya i klinicheskaya medicina, 2011, no. 2(39), pp. 22–25.
24. Vasil'ev A.P., Strel'cova N.N. Omega-3-zhirnye kisloty v kardiologicheskoy praktike [Omega-3 fatty acids in cardiology practice]. Consilium Medicum, 2017, vol. 19, no. 10, pp. 96–104.
25. Zajceva L.V., Nechaev A.P. Balans polinenasyshchennykh zhirnykh kislot v pitanii / [Balance of Polyunsaturated Fatty Acids in the Nutrition]. Pishchevaya promyshlennost', no. 11, 2014, pp. 56–59.
26. A balanced omega-6/omega-3 fatty acids ratio, cholesterol and coronary heart disease: World review of nutrition and dietetics. Vol. 100 / Ed.: A.P. Simopoulos, F. De Meester. Basel: KARGER, 2009, 125 p.
27. Mononenasyshchennyye zhirnye kisloty. Available at: <https://foodandhealth.ru/komponenty-pitaniya/mononenasyshchennyye-zhirnye-kisloty/> (accessed 12.02.2020).

## Информация об авторах

Гордынец Светлана Анатольевна — кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий отделом технологий мясных продуктов РУП «Институт мясо-молочной промышленности» (пр. Партизанский, 172, 220075, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: otmp210@mail.ru.

Чернявская Лилия Александровна — кандидат технических наук, старший научный сотрудник отдела технологий мясных продуктов РУП «Институт мясо-молочной промышленности» (пр. Партизанский, 172, 220075, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: lilia-pavlova@mail.ru.

Напреенко Виктория Михайловна — младший научный сотрудник отдела технологий мясных продуктов РУП «Институт мясо-молочной промышленности» (пр. Партизанский, 172, 220075, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: vika19930505@mail.ru.

## Information about authors

Gordynets Svetlana A. — Ph.D. (Agricultural), head at the Department of technology of meat products The Institute of Meat and Dairy Industry (172, Partizansky Ave., 220075, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: otmp210@mail.ru.

Charniauskaya Liliya A. — Ph.D. (Engineering), senior researcher at the Department of technology of meat products The Institute of Meat and Dairy Industry (172, Partizansky Ave., 220075, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: lilia-pavlova@mail.ru.

Napreenko Viktoria M. — junior Researcher at the Department of meat products The Institute of Meat and Dairy Industry (172, Partizansky Ave., 220075, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: vika19930505@mail.ru.

**А.Н. Лилишенцева, А.О. Соловьёва**

*Учреждение образования «Белорусский государственный экономический университет»,  
г. Минск, Республика Беларусь*

## **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ СЕНСОРНЫЙ АНАЛИЗ МАЙОНЕЗОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КРИТЕРИЯ ФРИДМАНА**

**Аннотация.** Проведен гипотетический анализ, направленный на сравнение вкуса пяти различных образцов майонезов. Для проведения сенсорного анализа была составлена комиссия из семи испытателей, которым было предложено методом ранжирования оценить вкус образцов майонеза для выявления наиболее предпочтительного образца по вкусовым достоинствам. Сравнение проводилось при помощи критерия Фридмана, который позволяет установить однотипность статистических данных. Он базируется на ранжировании значений исследуемого показателя и находит применение для продуктов, про характеристики которых ничего неизвестно. Для подтверждения полученных результатов был применен тест по Пейджу, который позволяет утверждать, что дегустаторы обнаружили существенные различия во вкусах образцов майонеза.

Для проверки согласованности мнений экспертов был рассчитан коэффициент конкордации Кендалла, значимость которого проверялась по критерию Пирсона, который показал согласованность мнений экспертов.

**Ключевые слова:** критерий Фридмана, обработка результатов, майонезы, коэффициент Пейджа, коэффициент конкордации

**A.N. Lilishentseva, A.O. Salauyova**

*Belarusian state economic university, Minsk, Republic of Belarus*

## **COMPARATIVE TOUCH ANALYSIS OF MAYONNESE USING FRIEDMAN'S CRITERIA**

**Abstract.** A hypothetical analysis was carried out aimed at comparing the taste of five different samples of mayonnaise. To conduct sensory analysis, a commission of seven testers was compiled, who were asked by a ranking method to evaluate the taste of mayonnaise samples to identify the most preferred sample by taste. The comparison was carried out using the Friedman criterion, which allows us to establish the uniformity of statistical data. It is based on ranking the values of the studied indicator and finds application for products whose characteristics are unknown. To confirm the results, the Page test was used, which suggests that tasters found significant differences in the tastes of mayonnaise samples.

To verify the consistency of expert opinions, the Kendall concordance coefficient was calculated, the significance of which was checked by the Pearson criterion, which showed the consistency of expert opinions.

**Keywords:** Friedman criterion, processing of results, mayonnaise, Page coefficient, concordance coefficient

Статистическая обработка данных является завершающим этапом каждого анализа, так как после проведения статистического анализа принимается или отрицается исследовательское суждение [1]. Успешное использование экспертных систем статистической обработки результатов в большинстве случаев связано с совершенством математических методов, при участии которых совершается анализ и обработка экспертной информации [2]. В таких системах одним из ведущих источников исходных данных является эксперт — его доводы, количественные и качественные оценки. Поскольку характер данных, приобретаемых от эксперта, разнообразен, то разнообразны и методы его анализа и обработки [3].

Сенсорный анализ дает возможность проводить анализ, целью которого является оценка органолептических характеристик продукта при помощи органов чувств.



Значение сенсорного анализа в улучшении качества и конкурентоспособности продукции, больше всего пищевых продуктов, сложно переоценить [4, 5]. Как сообщают массовые исследования, осуществляемые в мире по нахождению критериев потребительского выбора пищевых продуктов, сенсорные характеристики являются одними из приоритетных для потребителя [6, 7, 8]. Исследования, выполняемые по анализу потребительского выбора в странах Европейского Союза, указывают на то, что сенсорные характеристики при выборе пищевых продуктов, из широкого набора критериев подверженных анализу, уступают только таким критериям как «состав пищевого продукта» и «полезность для здоровья». При этом установленное расхождение по весомости этих критериев друг с другом является очень незначительным в сравнении со многими другими (цена, удобство использования, контроль за весом и т.д.) [9, 10].

В совершенствовании сенсорных методов заинтересованы товароведы-эксперты, осуществляющие контроль за качеством потребительских товаров. Технологические пищевые отрасли, в свою очередь, испытывают необходимость в экспресс-анализах органолептических свойств пищевых ингредиентов и готовой продукции [11].

Высокопрофессиональные знания в сфере товароведения и технологии гарантируют высокую эффективность аналитических методик описательного анализа с использованием балльного метода и профильного анализа, результативность которых очевидна при сенсорных испытаниях продуктов со сложным составом и очень широкой гаммой потребительских свойств [12–16].

В соответствии с ISO 6658 [17] все методы сенсорного анализа можно разделить на экспертные и методы потребительской оценки.

Экспертные, или аналитические, методы сенсорного анализа, в свою очередь, делят на различные, описательные и методы с использованием шкал и категорий [16, 18–24].

Для того чтоб осуществлять аналитическую оценку, испытателям необходимо соответствовать требованиям, представляемым к отобранным испытателям. При аналитических испытаниях дегустаторы обязаны отказаться от личных предубеждений и гедонических реакций, отражающих симпатию или антипатию к продукту.

Выбор метода сенсорной оценки, как правило, определяется поставленными задачами. В том случае, когда необходимо только определить присутствие или отсутствие различий между испытываемыми продуктами, применяются различительные методы. Когда цель поставлена более обширна, т.е. требуется не только определить различие между изделиями, но и необходимо выявить как огромно это отличие, его направление, то используются методы с использованием шкал и категорий. Если необходимо в полном объеме выявить и оценить органолептические характеристики продукта, тогда используется описательный анализ. Задача испытателей — установить органолептические характеристики продукта и какова их насыщенность. Предпочтительно, чтобы испытатели, осуществляющие оценку, были постоянными потребителями оцениваемых продуктов и как следует ознакомлены с их органолептическими характеристиками и отличительными чертами [25, 26].

Для выявления различий в сенсорных характеристиках образцов майонеза нами использован метод ранжирования, который относится к методу с использованием шкал и категорий. Ранжирование дает возможность определить различия среди некоторого количества образцов на основании насыщенности одного или нескольких свойств или общего впечатления. Он применим так же для установления различий между образцами, однако, с его помощью нет возможности выявить степень различия между ними.

Порядковая шкала, которая получаемая по итогам ранжирования, должна соответствовать требованиям равенства числа рангов  $N$  числу ранжируемых объектов. На практике бывают ситуации, когда эксперты испытывают затруднения в установлении однозначного различия между тем или иным фактором, поэтому возникает необходимость задействовать стандартизованные или связанные ранги [27, 28].

В случае проведения отождествления продуктов, о характеристиках которых прежде ничего не известно, применяют критерий Фридмана. Если необходимо провести аналогию с некоторым уже предопределенным порядком, то используют тест по Пейджу [29].

Критерий Фридмана — один из главных статистических методов, является непараметрическим аналогом дисперсионного анализа повторных измерений, позволяющий осуществлять диагностику суждений о различии более чем двух повторных измерений. Он базируется на ранжировании значений исследуемого показателя и находит применение для продуктов, про характеристики которых неизвестно. С помощью критерия Фридмана возможно осуществить обработку экспертных оценок для проверки их согласованности и усреднение мнений экспертов внутри согласованной группы. Критерий был разработан американским экономистом Милтоном Фридманом и является обобщением критерия Уилкоксона [27].



**Цели и задачи.** Цель исследования — сравнительный сенсорный анализ вкуса пяти образцов майонезов методом ранжирования с использованием критерия Фридмана.

Проведение анализа преследовало следующие задачи:

1) На основании оценок экспертов установить значимые различия между майонезами относительно их способностей удовлетворить потребности потребителей во вкусе.

2) Оценить согласованность мнений экспертов с помощью коэффициента конкордации Кендалла.

**Объекты исследования.** Для составления модели оценки уровня качества, были выбраны 5 образцов майонеза:

Образец № 1 — майонез «Славянский» с массовой долей жира 50 %. Изготовитель: ОАО «Минский молочный завод № 1».

Образец № 2 — Майонез «Провансаль юбилейный» с массовой долей жира 50 %. Изготовитель: ОАО «Минский маргариновый завод».

Образец № 3 — Майонез «Московский» с массовой долей жира 50 %. Изготовитель: ОДО «фирма ABC».

Образец № 4 — Майонез «Провансаль 50» с массовой долей жира 50 %. Изготовитель: ОАО «Гомельский жировой комбинат». 1

Образец № 5 — Майонез «Провансаль столичный» с массовой долей жира 50 %. Изготовитель: СП «КАМАКО ПЛЮС» ООО.

Все пять образцов были упакованы в лежащий пакет (саше). Саше — 3-х шовный объемный пакет с двумя поперечными (верхний и нижний) сварными швами и задним продольным вертикальным швом. Преимущества данного вида упаковки: легкость изготовления, высокая скорость изготовления, наиболее эффективное использование упаковочного материала.

Для проведения сенсорного анализа была составлена комиссия из семи испытателей, которым было предложено методом ранжирования оценить пять образцов майонеза для выявления наиболее предпочтительного образца по вкусовым характеристикам. Первый ранг соответствовал наименьшему впечатлению, а 5-й ранг присваивался наилучшему продукту по вкусовым качествам. Майонез был подан и опробован в случайной последовательности с промежутком в 15 мин. Полученные результаты представлены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1. Результаты исследования майонезов

Table 1. Mayonnaise research results

| Номер дегустатора | Образец № 1 | Образец № 2 | Образец № 3 | Образец № 4 | Образец № 5 |
|-------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 1                 | 4           | 2           | 1           | 5           | 3           |
| 2                 | 5           | 3           | 2           | 4           | 1           |
| 3                 | 4           | 2           | 2           | 5           | 3           |
| 4                 | 3           | 4           | 1           | 5           | 2           |
| 5                 | 1           | 4           | 3           | 5           | 1           |
| 6                 | 1           | 2           | 3           | 5           | 4           |
| 7                 | 4           | 3           | 1           | 5           | 2           |

Так как несколько значений совпало (дегустатор № 3 и № 5), то совпадающим значениям были присвоены стандартизированные ранги, рассчитываемые как среднее арифметическое значение суммы мест позиций объектов с одинаковыми рангами.

Схема расчета критерия Фридмана:

1) Каждому значению параметра присуждается ранг.

2) Для каждого исследуемого образца майонеза рассчитывается сумма рангов.

3) Рассчитывается разброс сумм рангов для каждой группы: если разброс сумм велик, то различия между группами считаются статистически значимыми.

Стандартизированные ранги для дегустатора № 3 и 5 составили

$$SR_3 = \frac{2+1}{2} = 1.5,$$

$$SR_5 = \frac{2+1}{2} = 1.5.$$

Полученные результаты оформили в виде табл. 2.

Т а б л и ц а 2. Результаты метода ранжирования  
Table 2. The results of the ranking method

| Номер испытуемого           | Образец №1 | Образец №2 | Образец №3 | Образец №4 | Образец №5 | Сумма рангов: |
|-----------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|---------------|
| 1                           | 4          | 2          | 1          | 5          | 3          | 15            |
| 2                           | 5          | 3          | 2          | 4          | 1          | 15            |
| 3                           | 4          | 1,5        | 1,5        | 5          | 3          | 15            |
| 4                           | 3          | 4          | 1          | 5          | 2          | 15            |
| 5                           | 1,5        | 4          | 3          | 5          | 1,5        | 15            |
| 6                           | 1          | 2          | 3          | 5          | 4          | 15            |
| 7                           | 4          | 3          | 1          | 5          | 2          | 15            |
| Ранговые суммы для образцов | 22,5       | 19,5       | 12,5       | 34         | 16,5       | 105           |

Критерий Фридмана рассчитывали по формуле:

$$F_{test} = \frac{12}{jp(p+1)} (R_1^2 + \dots + R_p^2) - 3j(p+1), \quad (1)$$

где  $j$  – количество дегустаторов;  $p$  – количество образцов;  $R_i$  – суммарный ранг  $i$ -го образца [29].

В нашем случае он составил:

$$F_{test} = \frac{12}{7 \times 5(5+1)} (22,5^2 + 19,5^2 + 12,5^2 + 34^2 + 16,5^2) - 3 \times 7(5+1) = 15,2.$$

Критические значения  $F_{test}$  определяли по таблице критических значений критерия Фридмана. Если  $F_{test} > F_{таб.}$ , то существуют существенные различия в образцах. В данном случае табличное значение критерия составило  $F_{таб} = 9,11$ .

Таким образом испытателями установлены существенные различия во вкусах образцов майонеза с риском ошибки меньшей или равной 5 %.

Для проверки полученных результатов использовали тест по Пейджу, с расчетом коэффициента по формуле:

$$L = R_1 + 2R_2 + 3R_3 + \dots + pR_p \quad [29]. \quad (2)$$

Коэффициент Пейджа составил:

$$L = 22,5 + 2 \times 19,5 + 3 \times 12,5 + 4 \times 34 + 5 \times 16,5 = 317,5.$$

Для определения критических значений  $L_{test}$  использовали таблицу критических значений для теста по Пейджу  $L_{kp} = 317,5$ .

$$L_{test} < L_{kp}.$$

Полученные результаты подтверждают сделанный ранее вывод о установлении существенного различия вкуса испытанных майонезов с риском  $\alpha = 0,05$ .

Для оценки согласованности рейтингов экспертов, использован коэффициент конкордации Кендалла:

$$W = \frac{12 \cdot S}{n^2 \cdot (m^3 - m)}, \quad (3)$$

где  $S$  – сумма квадратов отклонений всех оценок рангов каждого объекта экспертизы от среднего значения;  $n$  – число экспертов;  $m$  – число объектов экспертизы.

Коэффициент конкордации Кендалла изменяется в диапазоне  $0 < W < 1$ , причем 0 – полная несогласованность, 1 – полное единогласие [30].

Среднее значение рангов рассчитывали, как среднее арифметическое суммы всех рангов.

$$r_{cp} = \frac{22,5 + 19,5 + 12,5 + 34 + 16,5}{5} = 21$$

Для нахождения  $S$  суммируются квадраты разниц между  $r_{is}$  и  $r$  средним:

$$S = 1,5^2 + (-1,5)^2 + (-8,5)^2 + 13^2 + (-4,5)^2 = 266.$$

При этом коэффициент конкордации составил 0,5 (табл. 3).

Т а б л и ц а 3. Результаты  
Table 3. Results

| Показатель                  | Номер образца |      |       |     |      | Сумма |
|-----------------------------|---------------|------|-------|-----|------|-------|
|                             | № 1           | № 2  | № 3   | № 4 | № 5  |       |
| $\sum r_{is}$               | 22,5          | 19,5 | 12,5  | 34  | 16,5 | 105   |
| $r_{cp}$                    |               |      |       |     |      | 21    |
| Разница $r_{is}$ и $r_{cp}$ | 1,5           | -1,5 | -8,5  | 13  | -4,5 |       |
| Квадрат разницы             | 2,25          | 2,25 | 72,25 | 169 | 0,25 | 266   |
| W                           |               |      |       |     |      | 0,5   |

Величина данного коэффициента составила 0,5. Это свидетельствует о достаточно высокой степени согласованности мнений экспертов.

Значимость коэффициента конкордации Кендалла оценили с помощью критерия Пирсона, который составил:

$$\chi^2 = 7 \cdot 5 \cdot (8 - 1) = 24,5.$$

Табличный критерий Пирсона при 1 % уровне значимости составляет 18,5, а при 5 % – 14,1. Полученное значение менее табличного, следовательно, коэффициент конкордации значим.

Таким образом, коэффициент конкордации демонстрирует согласованность мнений экспертов. Рассчитанные данные подтверждаются критерием Пирсона.

В результате проведенного исследования с помощью сенсорного метода анализа с риском ошибки меньшей или равной 5 % установлены существенные различия во вкусе пяти образцов майонезов. Данное утверждение обосновано оценкой коэффициента Пейджа.

Полученный коэффициент конкордации Кендалла указывает на согласованность мнений испытуемых дегустационной комиссии, что подтверждено высоким значением критерия Пирсона.

### Список использованных источников

1. Бабкин, С.А. Организация экспертизы на основе статистических методов обработки информации / С.А. Бабкин, В.В. Конобеевских // Вестник Воронежского ин-та. МВД России. — 2008. — № 4. — С. 123–130.
2. Ухарцева, И.Ю. Методы исследования продовольственного сырья и пищевых продуктов и опыт их применения / И.Ю. Ухарцева, Ж.В. Кадолич, Л.В. Ткачева // Потребительская кооперация. — 2014. — № 1. — С. 66–74.
3. Голуб, О.В. Дегустационный анализ: курс лекций / О.В. Голуб. — Кемеровский технологический институт пищевой промышленности. — Кемерово, 2003. — 119 с.
4. Органолептический анализ. Словарь: ГОСТ Р ИСО 5495-2005. — Введ. 01.01.2007. — М.: Стандартформ, 2007. — 15 с.
5. Кантере, В.М. Организация центра органолептических испытаний на пищевых предприятиях / В.М. Кантере, В.А. Матисон, О.Г. Сулимина // Пищевая промышленность. — 2006. — № 5. — С. 62–64.
6. Eureka, W.E. Quality up, Cost down. Managers Guide to Taguchi Methods and QFD / W.E. Eureka, N.E. Ryan. — Dearborn, Michigan: ASI Press, 1995. — P. 224.
7. Шилов, А.И. Экономика потребительского рынка Беларуси: структура, тенденции / А.И. Шилов, А.Н. Лилишенцева, Т.А. Сенкевич, О.А. Шилов // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. — Госуниверситет–УНПК. — Орел, 2015. — № 5(34). — С. 112–118.
8. Кантере, В.М. Сенсорный анализ продуктов питания / В.М. Кантере, В.А. Матисон, М.А. Фоменко. — М.: РАСХМ, 2003. — 400 с.
9. Тихомиров, А.А. Сенсорный контроль качества сырья и упаковки на пищевых предприятиях / А.А. Тихомиров // Пищевая промышленность. — 2016. — № 7. — С. 18–20.
10. Лилишенцева, А.Н. Формирование сенсорных предпочтений потребителей / А.Н. Лилишенцева, Е.А. Давыдова, Т.А. Заболоцкая, Л.А. Мельникова // Пищевая промышленность. — 2012. — № 1 (15). — С. 92–94.

11. Заворохина, Н.В. Анализ факторов, влияющих на формирование сенсорных предпочтений потребителей / Н.В. Заворохина, В.М. Позняковский // Товаровед продовольственных товаров. — 2011. — № 6. — С. 28–31.
12. Бережной, Н.Г. Роль современных методов сенсорного анализа при разработке и продвижении новых продуктов на рынке / Н.Г. Бережной // Молочная промышленность. — 2005. — № 4. — С. 34–35.
13. Головня, Р.В. Сенсорный анализ для организации контроля качества традиционных и новых пищевых продуктов / Р.В. Головня, Н. Г. Еникеева // Современные методы анализа пищевых продуктов. — М.: Наука, 2007. — 286 с.
14. Титаренко, Л.Д. Сенсорный анализ: конспект лекций / Л.Д. Титаренко. — Днепропетровск: ДУЭП, 2006. — 119 с.
15. Лилишенцева, А.Н. Сенсорный анализ пищевых продуктов в экспертизе качества продовольственных товаров / А.Н. Лилишенцева, Е.Н. Чернигина // Экономический рост Республики Беларусь: глобализация, инновационность, устойчивость: материалы VII Международной научно-практической конференции, Минск, 25–26 сентября 2014 г. / [редкол.: В.Н. Шимов (отв. ред.) и др.]; М-во образования Респ. Беларусь, УО «Белорусский гос. экон. ун-т». — Минск: БГЭУ, 2014. — Т. 2. — С. 236–237.
16. Родина, Т.Г. Сенсорный анализ продовольственных товаров: учеб. для студ. высш. учеб. заведений / Т.Г. Родина. — М.: Академия, 2004. — 208 с.
17. Органолептический анализ. Методология. Общее руководство: ГОСТ ISO 6658-2016. — Введ. 01.07.2017. — М.: Стандартформ, 2016. — 20 с.
18. Покровский, А.В. Краткий обзор современных международных методов органолептического анализа / А.В. Покровский, Е.А. Смирнов, С.В. Колобродов, И.М. Скурихин / пер. с англ. — М.: МГУПП, 1999. — 301 с.
19. Родина, Т.Г. Дегустационный анализ продуктов / Т.Г. Родина, Г.А. Вукс — М.: КолосС, 1994. — 312 с.
20. Родина, Т.Г. Товароведение и экспертиза продовольственных товаров: учебник для вузов / Т.Г. Родина; под ред. Л.Г. Елисеевой. — М.: МЦФЭР, 2006. — С. 87–131, 709–789.
21. Органолептические методы оценок пищевых продуктов: Терминология / отв. ред. Р.В. Головня. — М.: Наука, 1990. — С. 24–27.
22. Смоляр, А.В. Deskriptorno-profil'nyy metod opredeleniya kachestva obrazцов яблочного сока / Смоляр А.В., Лилишенцева А.Н. // Пищевая промышленность: наука и технология. — № 1, 2020. — С. 84–94.
23. Кантере, В.М. Потребительская оценка продуктов — важнейшая составляющая маркетинговых исследований / В.М. Кантере, В.А. Матисон, М.А. Фоменко // Пиво и напитки. — 2004. — № 5. — С. 18–28.
24. Тильгнер, Д.Е. Органолептический анализ пищевых продуктов / Д.Е. Тильгнер. — М.: Пищепромиздат, 1962. — 476 с.
25. Чугунова, О.В. Использование методов дегустационного анализа при моделировании рецептур пищевых продуктов с заданными потребительскими свойствами: монография / О.В. Чугунова, Н.В. Заворохина; М-во образования и науки РФ, Урал. гос. экон. ун-т. — Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. экон. ун-та. — 2010. — 134 с.
26. Чугунова, О.В. Научный обзор: сенсорный анализ и его значение в оценке качества и безопасности пищевых продуктов / О.В. Чугунова // Научное обозрение. Технические науки. — 2016. — № 3. — С. 118–129.
27. Евдохова, Л.Н. Товарная экспертиза: учеб. пособие / Л.Н. Евдохова, С.Л. Масанский. — Минск: Выш. шк., 2013. — 332 с.
28. Дуборасова, Т.Ю. Сенсорный анализ продуктов. Дегустация вин: учеб. пособие / Т.Ю. Дуборасова. — 4-е изд., перераб. и доп. — М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и Ке», 2009. — 184 с.
29. Органолептический анализ. Методология. Ранжирование: ГОСТ ISO 8587-2015. — Введ. 01.07.2017. — М.: Стандартформ, 2016. — 19 с.
30. Лубенец, Ю.В. О модифицированном коэффициенте конкордации, учитывающем в большей степени согласованность лучших альтернатив / Ю.В. Лубенец // Вестник ИРГТУ. — 2017. — Т. 21. — № 10. — С. 32–39.

## References

1. Babkin S.A., Konobeevskih V.V. Organizatsiya ekspertizy na osnove statisticheskikh metodov obrabotki informatsii [Organization of expertise based on statistical methods of information processing]. Vestnik

- Voronezhskogo instituta MVD Rossii = Bulletin of the Voronezh Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia, 2008, no.4, pp. 123–130 (in Russian).
2. Ukhartseva I.Yu., Kadolich Zh.V., Tkacheva L.V. Metody issledovaniya prodovol'stvennogo syr'ya i pishchevykh produktov i opyt ikh primeneniya [*Research methods of food raw materials and food products and experience in their application*]. Potrebitel'skaya kooperatsiya = Consumer cooperation, 2014, no.1, pp. 66–74 (in Russian).
  3. Golub O.V. Degustatsionnyy analiz : kurs lektsiy [*Tasting Analysis: Lecture Course*]. Kemerovo, Kemerovo Technological Institute of Food Industry, 2003, 119 p. (in Russian).
  4. GOST R ISO 5495-2005. Organolepticheskiy analiz. Slovar' [*State Standard 5495-2005. Organoleptic analysis. Dictionary*]. Moscow, Standartinform Publ., 2007. 15 p. (in Russian).
  5. Kantere V.M., Matison V.A., Sulimina O.G. Organizatsiya tsentra organolepticheskikh ispytaniy na pishchevykh predpriyatiyakh [*Organization of the organoleptic testing center at food enterprises*]. Pishchevaya promyshlennost' = Food industry, 2006, no.5, pp. 62–64 (in Russian).
  6. Eureka W.E. Quality up, Cost down. Managers Guide to Taguchi Methods and QFD / W.E. Eureka, N. E. Ryan. — Dearborn, Michigan: ASI Press, 1995. — P. 224.
  7. Shilov A.I., Lilishentseva A.N., Senkevich T.A., Shilov O.A. Ekonomika potrebitelskogo rinka Belaruce: struktura, tendentsii [Economy of the Belarusian consumer market: structure, trends]. Technology and commodity science of innovative food products, 2015, no. 5 (34), pp 112–118 (in Russian).
  8. Kantere V.M., Matison V.A., Fomenko M.A. Sensornyy analiz produktov pitaniya [*Sensory Food Analysis*]. Moscow, RAASM, 2003. 400 p. (in Russian).
  9. Tikhomirov, A.A. Sensornyy kontrol' kachestva syr'ya i upakovki na pishchevykh predpriyatiyakh [*Touch quality control of raw materials and packaging in food enterprises*]. Pishchevaya promyshlennost' = Food industry, 2016, no. 7, pp. 18–20 (in Russian).
  10. Lilishentseva A.N., Davydova E.A., Zabolotskaya T.A., Mel'nikova L.A. Formirovanie sensorykh predpochteniy potrebiteley [*The formation of sensory preferences of consumers*]. Pishchevaya promyshlennost' = Food industry, 2012, no. 1 (15), pp. 92–94 (in Russian).
  11. Zavorokhina N.V., Poznyakovskiy V.M. Analiz faktorov, vliyayushchikh na formirovanie sensorykh predpochteniy potrebiteley [*Analysis of factors affecting the formation of sensory preferences of consumers*]. Tovaroved prodovol'stvennykh tovarov = Commodity expert on food products, 2011, no. 6, pp. 28–31 (in Russian).
  12. Berezhnoy N.G. Rol' sovremennykh metodov sensorynogo analiza pri razrabotke i prodvizhenii novykh produktov na rynke [*The role of modern methods of sensory analysis in the development and promotion of new products on the market*]. Molochnaya promyshlennost' = Dairy industry, 2005, no. 4, pp. 34–35 (in Russian).
  13. Golovnya R.V., Enikeeva N.G. Sensornyy analiz dlya organizatsii kontrolya kachestva traditsionnykh i novykh pishchevykh produktov [*Sensory analysis to organize the quality control of traditional and new foods*]. M: Science, 2007, 286 p. (in Russian).
  14. Titarenko L.D. Sensornyy analiz : konspekt lektsiy [*Sensory analysis: lecture notes*]. Dnepropetrovsk: DUEP, 2006, 119 p. (in Russian).
  15. Lilishentseva E.N., Chernigina E.N. Sensornyy analiz pishchevykh produktov v ekspertize kachestva prodovol'stvennykh tovarov [*Sensory analysis of food products in the examination of the quality of food products*]. Materialy VII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii "Ekonomicheskii rost Respubliki Belarus': globalizatsiya, innovatsionnost', ustoychivost'" [*Materials of the VII International Scientific and Practical Conference "The economic growth of the Republic of Belarus: globalization, innovation, sustainability"*]. Minsk : BGEU, 2014, pp. 236–237 (in Russian).
  16. Rodina T.G. Sensornyy analiz prodovol'stvennykh tovarov: ucheb. dlya stud. vyssh. ucheb. zavedeniy [*Sensory analysis of food products: textbook. for stud. higher textbook. institutions*]. M: "Academy", 2004, 208 p. (in Russian).
  17. GOST ISO 6658-2016. Organolepticheskiy analiz. Metodologiya. Obshchee rukovodstvo [*State Standard 6658-2016. Organoleptic analysis. Methodology. General leadership*]. Moscow, Standartinform Publ., 2016, 20 p. (in Russian).
  18. Pokrovskiy A.V., Smirnov E.A., Kolobrodov S.V., Skurikhin I.M. Kratkiy obzor sovremennykh mezhdunarodnykh metodov organolepticheskogo analiza [*Short review of modern international methods of organoleptic analysis*]. M : MGUPP, 1999, 301 p. (in Russian).
  19. Rodina T.G., Vuks G.A. Degustatsionnyy analiz produktov [*Tasting Product Analysis*]. M : KolosS, 1994, 312 p. (in Russian).
  20. Rodina T.G., Eliseeva L.G. Tovarovedenie i ekspertiza prodovol'stvennykh tovarov : uchebnik dlya vuzov [*Sections of the textbook "Commodity and examination of food products": a textbook for universities*]. M. : MTSFER, 2006, pp. 87–131, 709–789 (in Russian).
  21. Golovnya R.V. Organolepticheskie metody otsenok pishchevykh produktov: Terminologiya [*Organoleptic Methods for Food Assessment: Terminology*]. M.: Nauka, 1990, pp. 24–27 (in Russian).



22. Smoliar A.V., Lilishentseva A.N. Descriptorno-profile metod opredeleniya kachestva yablochnogo soka [*Descriptor-profile metod for determining the quality apple juice samples*] Pishchevaya promyshlennost' = Food industry, 2020, no. 1, pp. 84–94 (in Russian).
23. Kantere V.M., Matison V.A., Fomenko M.A. Potrebitel'skaya otsenka produktov — vazhneyshaya sostavlyayushchaya marketingovykh issledovaniy [*Consumer product evaluation is an essential component of marketing research*]. Pivo i napitki = Beer and drinks, 2004, no. 5, pp. 18–28 (in Russian).
24. Til'gner D.Ye. Organolepticheskiy analiz pishchevykh produktov [*Organoleptic analysis of food products*]. M. : Pishchepromizdat, 1962, 476 p. (in Russian).
25. Chugunova O.V., Zavorokhina N.V. Ispol'zovaniye metodov degustatsionnogo analiza pri modelirovanii retseptur pishchevykh produktov s zadannymi potrebitel'skimi svoystvami : monografiya [*The use of tasting analysis methods for modeling recipes for food products with specified consumer properties: monograph*]. Yekaterinburg, 2010, 134 p. (in Russian).
26. Chugunova O.V. Nauchnyy obzor: sensornyy analiz i yego znachenie v otsenke kachestva i bezopasnosti pishchevykh produktov [*Scientific review: sensory analysis and its importance in assessing the quality and safety of food*]. Nauchnoye obozreniye. Scientific Review. Technical science, 2016, no. 3, pp. 118–129 (in Russian).
27. Yevdokhova L.N., Masanskiy S.L. Tovarnaya ekspertiza : ucheb. posobiye [*Commodity examination: textbook. allowance*]. Minsk : Vysh. shk ., 2013, 332 p. (in Russian).
28. Duborasova T. YU. Sensornyy analiz produktov. Degustatsiya vin : ucheb. posobiye [*Sensory analysis of products. Wine tasting: textbook. allowance*]. Moscow, 2009, 184 p. (in Russian).
29. GOST ISO 8587-2015. Organolepticheskiy analiz. Metodologiya. Ranzhirovaniye [*State Standard 8587-2015. Organoleptic analysis. Methodology. Ranking*]. Moscow, Standartinform Publ., 2016, 19 p. (in Russian).
30. Lubenets YU.V. O modifitsirovannom koeffitsiyente konkordatsii, uchityvayushchem v bol'shey stepeni soglasovannost' luchshikh al'ternativ [*On a modified coefficient of concordance, taking into account to a greater extent the consistency of the best alternatives*]. Vestnik IrGTU = Vestnik ISTU, 2017, no. 10, pp. 32–39 (in Russian).

#### Информация об авторах

Лилишенцева Анна Николаевна — кандидат технических наук, доцент учреждения образования «Белорусский государственный экономический университет» (ул. Свердлова, 7, 220070, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: lilishenceva@yandex.by.

Соловьёва Александра Олеговна — студент учреждения образования «Белорусский государственный экономический университет» (пр. Партизанский, 26, 220070, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: solovyovasash@yandex.ru.

#### Information about authors

Lilishentseva Anna N. — Candidate of Technical Sciences, assistant professor, head of the Department of Commodity Food Science of the Belarusian State Economic University (7, Sverdlova st., 220030, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: lilishenceva@yandex.by.

Salauyova Aliaksandra O. — student of Belarus State Economic University (26, Partizanski Ave., 220070, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: solovyovasash@yandex.ru.