

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**  
**№1(47)**  
**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 11.03.2020.

Формат 60×84/8. Бумага офсетная.

Гарнитура NewtonС. Печать офсетная.

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

Тираж 100 экз. Заказ 111.

ЛП № 02330/89 от 3 марта 2014 г.

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

**Учредитель**

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

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

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

**Подписные индексы:**

для индивидуальных подписчиков 01241

для ведомственный подписчиков 012412



# FOOD INDUSTRY: SCIENCE AND TECHNOLOGIES

Vol. 13, №1(47) 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. Gorbato 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 Mikhailauna** – 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 “Gorbato 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**

**№1(47)**

**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 11.03.2020

Format 60x84/8. Offset paper.

NewtonC type. Offset printing.

Printed pages 1,16.

Publisher's signatures 12,80.

Circulation 100 copies. Order 111.

LP № 02330/89 of 3 March 2014

17, Kalvaryiskaya str., Minsk 220004

**Founder**

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

Registered in Ministry of Information of the  
Republic of Belarus

(Registration Certificate № 530 of July 2009)

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

**Subscription indexes**

For individuals 01241

For legal entities 012412

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Ловкис З.В.</b> О некоторых результатах работы РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» в 2019 году .....	6
<b>Дымар О.В., Дымар Т.И., Яковлева М.Р.</b> Повышение качества и энергетической эффективности изготовления желатина при помощи мембранных технологий.....	12
<b>Кошак Ж.В., Покрашинская А.В.</b> Подбор оптимальных параметров производства макаронных изделий с порошком аронии .....	20
<b>Усеня Ю.С., Гарлинская М.И., Садовская А.В., Филатова Л.В., Рослик В.Л.</b> Перспективы использования вторичных продуктов переработки масличных культур для обогащения пищевых концентратов.....	28
<b>Ловкис З.В., Садовский А.А., Шилов В.В., Белякова Н.И., Журня А.А.</b> Исследования функциональности воды, обогащенной кислородом в условиях клиники .....	36
<b>Кантерова А.В., Леонович С.И., Савчик А.В., Ладутько Е.И., Новик Г.И.</b> Морфологическая характеристика и молекулярно-генетическая идентификация выделенных из природных источников биотехнологически ценных культур дрожжевых грибов.....	46
<b>Лобазова И.Е., Почицкая И.М.</b> Применение моделей предиктивной микробиологии для <i>L.monocytogenes</i> в солевой среде .....	54
<b>Груданов В.Я., Торган А.Б., Дацук И.Е., Станкевич П.В.</b> Влияние температуры теста на прочность, жесткость и прогиб круглых матриц для производства макаронных изделий .....	63
<b>Куликов А.В., Литвинчук А.А., Данилюк А.С., Куликова О.М., Безущенок А.А.</b> Создание комплекса лабораторного оборудования для отработки режимов получения рыбных комбикормов .....	73
<b>Лилишенцева А.Н., Смоляр А.В.</b> Дескрипторно-профильный метод определения качества образцов яблочного сока .....	84

**CONTENTS**

<b>Lovkis Z.V.</b> About the results of the RUE «Scientific-Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus» in 2019 .....	6
<b>Dymar O.V., Dymar T.I., Yakovleva M.R.</b> Improving the quality and energy efficiency of manufacturing gelatin using membrane technologies with membrane technology application.....	12
<b>Koshak Z.V., Pokrashinskaya A.V.</b> Selection of optimal parameters of production of pasta products with chokeberry powder .....	20
<b>Usenia Y.S., Garlinskaya M.I., Sadoyskaya A.V., Filatova L.V., Roslik V.L.</b> Prospects for the use of secondary products of processing of oil crops for the enrichment of food concentrate .....	28
<b>Lovkis Z.V., Sadovskiy A.A., Shylau V.V., Belyakova N.I., Zhurnja A.A.</b> Clinical study of functionality of water saturated with oxygen .....	36
<b>Kanterova A.V., Leanovich S.I., Savchik A.V., Ladutska A.I., Novik G.I.</b> Morphological characterization and molecular-genetic identification of natural isolates of biotechnologically valuable of yeast-like fungi .....	46
<b>Labazava I.E., Pochitskaja I.M.</b> Application of microbiological models for <i>L.monocytogenes</i> in salt solution .....	54
<b>Grudanov V.Ya., Torgan A.B., Datsuk I.E., Stankevich P.V.</b> Influence of test temperature on strength, rigidity and bending of round matrixes for production of pasta.....	63
<b>Kulikou A.V., Litvinchuk A.A., Danilyuk A.S., Kulikova O.M., Bezushchenok A.A.</b> Creation of a laboratory equipment complex for exercising fish production modes .....	73
<b>Lilishentseva A.N., Smoliar A.V.</b> Descriptor-profile method for determining the quality of samples of apple juice .....	84

УДК [663/664+637.1/5]:001.89(476)

Поступила в редакцию 05.02.2020  
Received 05.02.2020**З.В. Ловкис***РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук  
Беларуси по продовольствию», г. Минск, Республика Беларусь***О НЕКОТОРЫХ РЕЗУЛЬТАТАХ РАБОТЫ  
РУП «НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЦЕНТР НАЦИОНАЛЬНОЙ  
АКАДЕМИИ НАУК БЕЛАРУСИ  
ПО ПРОДОВОЛЬСТВУ» В 2019 ГОДУ**

**Аннотация.** В статье приведены основные результаты работы коллектива РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» в 2019 г. по научному сопровождению и развитию отраслей пищевой промышленности, разработке широкого ассортимента новых продуктов питания, новой техники и технологий, повышению качества и безопасности. Отмечены разработки для основных отраслей пищевой промышленности.

**Ключевые слова:** пищевая промышленность, технологии, методики, детское и функциональное питание, оборудование, сертификация

**Z.V. Lovkis***RUE “Scientific-Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus”,  
Minsk, Republic of Belarus***ABOUT THE RESULTS OF THE RUE “SCIENTIFIC-PRACTICAL CENTER  
FOR FOODSTUFFS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES  
OF BELARUS” IN 2019**

**Abstract.** The article presents the main results of the work of the RUE «Scientific-practical center for foodstuffs of the National Academy of sciences of Belarus» in 2019 relating scientific support and development of the food industry, the development of a wide range of new food products, new equipment and technologies, and the improvement of quality and safety. Developments for the main branches of the food industry are noted.

**Keywords:** food industry, technology, methods, baby and functional nutrition, equipment, certification

2019 год можно отметить как год роста темпа жизни, развития технологий и производств пищевых продуктов, в том числе для здорового питания.

За 2019 г. было выполнено 38 научно-исследовательских проектов, 1140 прямых договоров по внедряемым технологиям с предприятиями пищевой промышленности, испытано 20 тыс. образцов продукции, выдано 6 тыс. деклараций.

Специалисты ликеро-водочной, винодельческой и пивобезалкогольной продукции продолжили работу над совершенствованием технологии получения фруктово-ягодных натуральных вин, фруктовых и виноградных дистиллятов и напитков на их основе, создали технологию сокращенного цикла производства коньяков. В производственных условиях подтверждена высокая эффективность предложенных технологических решений по глубокой переработке вторичных сырьевых ресурсов при производстве фруктовых дистиллятов: разработаны технологические приемы изготовления диффузионных соков из яблочных выжимок, оптимизированы режимы сбраживания фруктового сусле с применением диффузионных соков и побочных спиртосодержащих фракций фруктового дистиллирования, усовершенствована фракционная перегонка с увеличением числа отбираемых фракций (с 3-х до 4-х), что позволило получить виноматериалы и дистилляты на их основе с высокими органолептическими характеристиками, обеспечив повышение выхода яблочных дистиллятов из 1 т перерабатываемых яблок на 20–25 %. Ведутся исследовательские работы по совершенствованию процессов выдержки зерновых дистиллятов и созданию на их основе различных групп спиртных

напитков, включая виски. В текущем году под патронажем ученых Центра выработана первая опытная партия отечественного купажированного виски «Oak and Barrel» (рис. 1), полный цикл производства от зерна до готового виски реализован в нашей стране на РУП «Брестский ЛВЗ «Белалко».

Ведется активная работа по созданию уксуса на основе крахмалсодержащего и фруктового сырья: впервые, совместно с отделом новых технологий и техники, разработан комплект технологической документации для производства рисового, кукурузного и других зерновых уксусов. Создан автоматизированный аппарат для ферментативного гидролиза и сбраживания (рис. 2), конструктивные особенности которого обеспечивают эффективное проведение тепло-массообменных и ферментативных процессов как в ходе водно-тепловой и ферментативной обработки, так и в ходе последующего процесса спиртового брожения с возможностью регулирования интенсивности и динамики их протекания в автоматическом режиме, исключая человеческий фактор.

Сотрудники отдела технологий продукции из корнеклубнеплодов продолжили исследование модифицированных крахмалов и реагентов на их основе, получили сухую картофельную клетчатку пищевого назначения, изучали технологические приемы снижения потерь сахара, создали сухие завтраки для детей, глазированные фруктовыми порошками и соками; продолжаются исследования электромембранных технологий для сахарной отрасли. На основании проведенных теоретических и экспериментальных исследований предложен инновационный, высокоэффективный, экономный и экологически безопасный способ получения комбинаторных нативных картофельных крахмалов, обладающих универсальными (легко изменяемыми в зависимости от требований потребителей) органолептическими и физико-химическими свойствами. Основными преимуществами предлагаемой технологии являются, прежде всего, простота, доступность применяемого технологического оборудования, исключение использования в технологическом процессе модифицирующих факторов, а также экологическая безопасность производства. Впервые в Республике Беларусь разработана технология и ассортимент сухих завтраков (рис. 3), обогащенных натуральным фруктовым, ягодным, овощным сырьем и семенами льна, соответствующих современным требованиям, предъявляемым к продуктам для детей дошкольного и школьного возраста. Новые виды сухих завтраков содержат до 10 г белка, что составляет до 20 % от суточной нормы потребления для детей дошкольного возраста и до 17 % — для детей школьного возраста; 0,3 г омега-3 полиненасыщенных жирных кислот на 100 г, что позволяет позиционировать продукт как «источник омега-3 полиненасыщенных жирных кислот», а также сахара только природного происхождения.

Созданы новые продукты для больных фенилкетонурией: клецки картофельные низкобелковые, пюре картофельное сухое низкобелковое, каша гречневая с изюмом низкобелковая, каша кукурузная с яблоком низкобелковая, крупа гречневая низкобелковая, крупа кукурузная низкобелковая, смесь сухая низкобелковая «Кекс «Ароматный», смесь сухая низкобелковая «Печенье «Аромат-



Рис. 1. Отечественный купажированный виски «Oak and Barrel»  
Fig. 1. Domestic blended whiskey “Oak and Barrel”

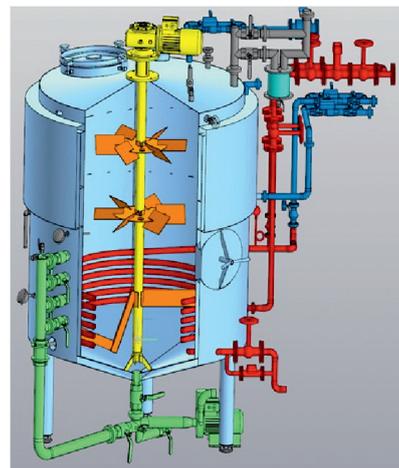


Рис. 2. Аппарат для ферментативного гидролиза и сбраживания Ш12-АФГС  
Fig. 2. Apparatus for enzymatic hydrolysis and fermentation SH12-AFGS



Рис. 3. Кукурузные палочки с клетчаткой льна  
Fig. 3. Flax fiber corn sticks

ное», макаронные изделия низкобелковые, макаронные изделия с низким содержанием фенилаланина. Проведено моделирование белковых композиций гепатопротекторного действия на основе продуктов переработки масличных культур.

Определены основные пищевые вещества и биологически активные вещества в побочных продуктах переработки масличного сырья — жмыхах расторопши пятнистой, тыквы, льна, подсолнечника. Смоделированы рецептурные составы и разработаны проекты рецептур на сухие композитные мучные белоксодержащие смеси (полуфабрикаты мучных изделий).

Сотрудники отдела новых технологий и техники разработали лабораторное оборудование для производства комбикорма для рыбы. Следует отметить, что комплекс лабораторного оборудования для получения рыбных комбикормов не имеет аналогов на постсоветском пространстве, он позволяет моделировать основные технологические операции производства в малых масштабах, отрабатывать режимы и получать готовый продукт, что, в свою очередь, позволит снизить затраты и ускорить процесс создания новых видов отечественных комбикормов.

В настоящее время осуществляются исследования по созданию микросолодовни для выращивания солода, которая служит для определения пригодности ячменя для производства солода и изучения поведения ячменя в процессе солодоращения при различных процессах, а также для изучения влияния биостимулирующих свойств озона на пивоваренный ячмень.

В отделе консервирования пищевых продуктов изучили процессы, происходящие в гомогенных консервированных продуктах; создали соус-пасты, соусы из брусники, крыжовника; новые консер-

вы на основе овощей для детей; разработаны рецептуры на продукцию из прудовой рыбы (рис. 4), консервированной грибной продукции.



Рис. 4. Консервы из прудовой рыбы  
Fig. 4. Canned pond fish

Используя возможности нового лабораторного автоклава с компьютерным управлением и моделированием процессов стерилизации разными греющими средами, оснащенного измерительным оборудованием для снятия температурных параметров продукта в четырех точках, впервые в республике проводятся исследования термодинамических процессов, происходящих при стерилизации гомогенных консервов различных ассортиментных групп с целью формирования концепции «объемной летальности» микроорганизмов.

В 2019 году специалисты кондитерской и масложировой отраслей разработали новые технологии производства батончиков-мюсли для диетического профилактического и диабетического питания, которые отличаются низким содержанием легкоусвояемых углеводов (расчетное содержание общего сахара 1,4 г в 100 г продукта) и сниженной на 10 % калорийностью; фруктовые батончики, в 100 г которых содержание пищевых волокон составляет более 5 г (рис. 5), что позволяет позиционировать данные изделия как «Пищевая продукция — источник пищевых волокон».



Рис. 5. Образец батончика-мюсли с повышенным содержанием пищевых волокон  
Fig. 5. Sample of cereal bar with a high content of dietary fiber

Внедрение новых видов изделий позволит расширить ассортимент пищевой продукции, позиционируемой как продукт «для перекуса», спрос на которую в настоящее время увеличивается.

Разработаны новые виды шоколадных изделий (шоколад молочный, в том числе с начинкой, конфеты со сбивным корпусом) повышенной пищевой ценности, в которых содержание в продукции кальция, витамина D, пищевых волокон (инулина) и белка составляет не менее 15 % от суточной потребности.



Рис. 6. Мармелад на желатине с добавлением овощных полуфабрикатов из отечественных видов сырья

Fig. 6. Marmalade on gelatin with the addition of vegetable semi-finished products from domestic raw materials

Преимуществом разработанных новых видов кондитерских изделий является сниженное на 5–14 % содержание сахара по сравнению с традиционным молочным шоколадом, использование масла ши взамен пальмового масла для изготовления начинки шоколада (в отличие от импортных аналогов) и масла сливочного в конфетах; мармелад на желатине с добавлением овощных полуфабрикатов из отечественных видов сырья (рис. 6), которые имеют высокое содержание биологически активных веществ (бета-каротин, калий, магний, фосфор, железо). Новые виды желеино-мармелада (мармелад морковный, тыквенный и томатный) характеризуются оригинальным внешним видом и вкусом, имеют менее сладкий вкус по сравнению с традиционными изделиями; ассортимент сахарных кондитерских изделий (паста подсолнечная, мармелад желеино-мармеладный на желатине, зефир, глазированные конфеты с корпусом из нуги) с добавлением биологически ценного высокобелкового сырья, соответствующих критерию «Пищевая продукция — источник белка». По результатам доклинических исследований новые виды кондитерских изделий при дополнительном введении в рацион питания показали выраженную способность повышать физическую работоспособность и выносливость при экстремальных физических нагрузках.

Проведены исследования образования потенциально опасных для человека соединений при высокотемпературной обработке пищевой продукции.

При сотрудничестве с учреждением образования «Белорусский государственный экономический университет» (БГЭУ) разработан метод наноструктурирования фосфатидов в нерафинированных растительных маслах с использованием ультразвука, который положен в основу способа получения наноструктурированной фосфолипидной эмульсии из нерафинированных растительных масел. Созданы экспериментальные образцы рапсового, соевого и подсолнечного масляно-фосфатидных концентратов.

В результате проведенной отделом питания работы исследован микроэлементный состав образцов тканей пациентов с артериальной гипертензией, изучен элементный статус данной категории больных в зависимости от рациона питания. На основании полученных результатов совместно с ГУ «Республиканский научно-практический центр «Кардиология» впервые в Республике Беларусь разработан «Метод медицинской профилактики сосудистого ремоделирования у пациентов артериальной гипертензией».

В отделе сертификации разработали алгоритм системы управления сертификацией и декларированием на этапах продвижения продовольственных товаров; «Положение о добровольной сертификации органической продукции и процессов ее производства»; разработана техническая и технологическая документация на воду питьевую для детского питания, обогащенную кислородом, установлены общие требования при производстве, поставке, реализации и использовании данной продукции; проведена аккредитация органа по сертификации продукции на осуществление деятельности по подтверждению соответствия органической продукции и процессов ее производства; проведен семинар «Сертификация продукции органического земледелия и процессов ее производства». Выдано 506 национальных сертификатов, зарегистрировано 34 национальные декларации, а также 5982 декларации ЕАЭС, проведен инспекционный контроль 17 предприятий и освидетельствование 29 производственных лабораторий предприятий пищевой промышленности.

В РКИК разработаны и аттестованы методики определения фитоэстрогенов и пищевых аллергенов: белка молока, яичного белка, белка сои и гистамина. Впервые в Республике Беларусь получены

новые данные о количественном содержании аллергенов и фитоэстрогенов в пищевой продукции детского питания.

Проводятся международные исследования совместно со специалистами Молдовы по изучению генов плесневых грибов, продуцирующих микотоксины, и оценке накопления микотоксинов в процессе хранения зерна и зерновых продуктов (рис. 7).



Рис. 7. Лаборатория токсикологических исследований РКИК  
Fig. 7. FCCC Toxicology Research Laboratory

На основе европейских стандартов проводится адаптация методики определения содержания глицидиловых эфиров жирных кислот и создание базы данных по их содержанию в масложировой продукции отечественных и зарубежных изготовителей.

Разработана QIM-схема по оценке свежести пресноводной рыбы Беларуси, позволяющая оценить степень свежести основных промысловых рыб. Изучена паразитофауна пресноводной и морской рыбы, составлен каталог видового разнообразия паразитов морской и пресноводной рыбы, в том числе и опасных для человека.

В целях обеспечения контроля качества, безопасности и подлинности продукции, представленной на рынке республики, было исследовано более 20,8 тыс. образцов продукции, проведено более 300 тыс. испытаний, оформлено 7810 протоколов испытания продукции.

2019 г. был напряженным и успешным в плане проведения строительно-монтажных работ: в г. Марьина Горка построен цех по производству продуктов для детского питания, водозаборная скважина, канализационная система, благоустроена территория. Специалистами Центра разработано 124 нормативно-правовых документа, проведено 23 задания ЦДК, 3 дня качества, ежегодный конкурс консервированной продукции «Хрустальное яблоко». Организованы и проведены II конгресс «Наука, питание и здоровье» (3–4 октября [4]), 59 научно-технических мероприятий (научно-практических семинаров, круглых столов, совещаний, заседаний), 4 заседания Межведомственного координационного совета по проблемам питания, 2 заседания Совета по защите кандидатских диссертаций.

Сотрудники Центра приняли участие в 13 выставках.

По результатам исследований изданы 4 книги [1–3], 4 номера научно-технического журнала «Пищевая промышленность: наука и технологии», опубликовано 72 статьи в научных изданиях, 23 тезиса докладов международных научно-практических конференций, получено 10 патентов на изобретения. Было организовано 20 выступлений на белорусском телевидении и радио, дано 33 интервью белорусским СМИ, опубликовано 89 статей в газетах, журналах и интернет-порталах, приняли участие в 21 пресс-конференции для журналистов по вопросам здорового питания.

Результаты активной работы были отмечены правительством и Президиумом Национальной академии наук Республики Беларусь: впервые занесены на Республиканскую Доску Почета, в седьмой раз на Доску Почета Национальной академии наук, сотрудники отмечены Орденом Почета и медалью «За трудовые Заслуги», неоднократно награждались грамотами, благодарностями и дипломами Министерств и ведомств. По итогам конкурса наши ученые вошли в Топ-10 результатов деятельности ученых Академии наук за 2019 г. в области фундаментальных и прикладных исследований за установление маркеров присутствия в пищевых продуктах пальмового масла и его фракций, позволяющих обеспечить безопасность и качество продуктов питания.

Производительность труда по сравнению с 2018 г. выросла и составила 43,5 тыс. руб. на человека, заработная плата выросла на 9 %.

Конкурсная комиссия на основании результатов рейтинговой оценки определила победителей в номинациях «Лучший сотрудник», «Лучший молодой специалист» с выдвижением кандидатур на Доску Почета РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию», а также в номинации «Лучшее структурное подразделение». Лучшими структурными подразделениями по результатам выполнения экономических показателей признаны отдел техно-

логий алкогольной и безалкогольной продукции, отдел технологий консервирования пищевых продуктов, отдел технологий продукции из корнеклубнеплодов.

Все наши научные проекты и разработки и в дальнейшем будут направлены на развитие продовольственной системы, а вместе с ней на рост экономики и повышение благосостояния людей.

### Список использованных источников

1. Ловкис, З.В. Инновационное развитие пищевой промышленности: аспекты теории и практики / З.В. Ловкис, Ф.И. Субоч, Е.З. Ловкис ; РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию». — Минск : ИВЦ Минфина, 2019. — 528 с.
2. Ловкис, З.В. Гидравлика : учебное пособие / З.В. Ловкис, Б.А. Карташов, П.В. Лаврухин. — Ростов н/Д : Феникс, 2019. — 383 с.
3. Наука, питание и здоровье : сборник научных трудов по материалам II Международного конгресса (Минск, 3–4 октября 2019 г.) / Национальная академия наук Беларуси, РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» ; редкол.: З.В. Ловкис [и др.]. — Минск : УП «ИВЦ Минфина», 2019. — 604 с.
4. Ловкис, З.В. Наука, питание и здоровье / З.В. Ловкис // Пищевая промышленность: наука и технологии — 2019. — Том 12. — № 3 (45). — С. 7–13.

### References

1. Lovkis Z.V., Suboch F.I., Lovkis E.Z. Innovative development of the food industry: aspects of theory and practice. Minsk, Information Center of the Ministry of Finance, 2019, 528 p. (in Russian).
2. Lovkis Z.V., Kartashov B.A., P.V. Lavrukhin. Hydraulics: a training manual. Rostov o/D, Phoenix, 2019, 383 p. (in Russian).
3. Science, nutrition and health: a collection of scientific papers based on the materials of the II International Congress (Minsk, October 3–4, 2019). Editorial: Z.V. Lovkis [et al.]. Minsk, UE «Information and Communication Center of the Ministry of Finance», 2019, 604 p. (in Russian).
4. Lovkis Z.V. Science, nutrition and health. Food Industry: Science and Technology, 2019, vol. 12, no. 3 (45), pp. 7–13.

### Информация об авторах

*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

*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.

УДК 637.025

Поступила в редакцию 10.06.2019  
Received 10.06.2019**О.В. Дымар<sup>1</sup>, Т.И. Дымар<sup>2</sup>, М.Р. Яковлева<sup>3</sup>**<sup>1,3</sup>*РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию»,  
г. Минск, Республика Беларусь*<sup>1,2</sup>*Представительство АО «МЕГА» в Республике Беларусь, г. Минск, Республика Беларусь***ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ  
ЭФФЕКТИВНОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЖЕЛАТИНА  
ПРИ ПОМОЩИ МЕМБРАННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

**Аннотация.** В статье представлены результаты исследования применения процессов ультрафильтрации для концентрирования желатинового бульона с целью сокращения энергозатрат и электродиализа для деминерализации в технологии производства желатина. Исследован состав, физико-химические свойства сырья и продуктов, как массовая доля сухих веществ, золы, белкового и небелкового азота, а также содержание отдельных микроэлементов. Изучен процесс глубокой деминерализации желатинового бульона и по результатам выстроена зависимость снижения удельной электропроводности от продолжительности процесса электродиализа. Показано, что применение баромембранных технологий позволяет добиться четырехкратного концентрирования исходного сырья, что делает возможным снизить в 4 раза мощность вакуум-выпарных установок. Также применение электродиализа делает возможным получение продукта с остаточной зольностью ниже предела определения стандартными методами. Результаты исследования показали, что применение мембранных технологий позволяет значительно снизить энергозатраты на сушку желатина и повысить качество готового продукта.

**Благодарности:** Работа выполнена при поддержке компании MEGA a.s. (Чешская Республика) и ОАО «МОЖЕЛИТ» (Республика Беларусь).

**Ключевые слова:** деминерализация, желатин, электродиализ, ультрафильтрация, мембранные технологии, вакуум-выпарная установка, зольность, удельная электропроводимость

**O.V. Dymar<sup>1</sup>, T.I. Dymar<sup>2</sup>, M.R. Yakovleva<sup>3</sup>**<sup>1,3</sup>*RUE “Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus”,  
Minsk, Republic of Belarus*<sup>1,2</sup>*Representative of MEGA a.s. in Republic of Belarus, Minsk, Republic of Belarus***IMPROVING THE QUALITY AND ENERGY EFFICIENCY  
OF MANUFACTURING GELATIN USING MEMBRANE TECHNOLOGIES  
WITH MEMBRANE TECHNOLOGY APPLICATION**

**Abstract.** The article presents the results of the research of ultrafiltration and electrodiagnosis application in gelatin production. Ultrafiltration and electrodiagnosis are membrane processes which are used for concentration and demineralization of gelatin broth. The changes in total solids, ash content, protein and non-protein nitrogen content and minerals profile were investigated in samples of raw materials and broth after treatment. Applying of pressure driving membrane technologies allows to achieve concentration of the raw material, which makes it possible to reduce the capacity of evaporators for 4 times. The treatment on the electrodiagnosis membrane makes it possible to obtain deep demineralized product with residual ash content below the limit of determination by standard methods. The relation between the decrease in electrical conductivity and the duration of the electrodiagnosis was displayed in diagram. According to the study the use of membrane technology can significantly reduce the energy consumption for evaporation gelatin and improve the quality of the finished product.

**Acknowledgements:** This work was supported by the MEGA a.s. (Czech Republic) and JSC Mogelit (Republic of Belarus).

**Keywords:** demineralization, gelatin, electrodiagnosis, ultrafiltration, membrane technology, evaporators, electrical conductivity, ash content

Желатин — аморфное бесцветное, в сухом виде блестящее белковое соединение без ярко выраженного вкуса и запаха. В элементный состав продукта входит: около 50 % углерода, 7 % водорода, 18 % азота, 25 % кислорода, сера, фосфор, кальций [1].

Для приготовления желатина используется соединительная ткань (коллаген) млекопитающих: кости (бычьи, бараньи, лошадиные и пр.), рыбы остатки на промышленных предприятиях (чешуя, головы и пр.), свиные шкуры, спилки шкур крупного рогатого скота, костная крошка и пр. [2, 3]. Пищевой желатин используется в кондитерской промышленности для приготовления кремов, желе, мороженого, фруктов в желе. Добавляется в качестве загустителя в кисломолочные и консервные продукты [4]. В виноделии используют для осветления труднофильтруемых виноматериалов и исправления грубых виноматериалов с повышенной терпкостью. Технический желатин применяют в текстильной и косметической промышленности [5]. Желатин — один из материалов для изготовления фото и киноплёнки, он также служит склеивающим компонентом для фотобумаги. Медицинский желатин применяется для изготовления оболочек для лекарств (капсул) и как плазмозамещающее средство. Полиграфический желатин используется для изготовления типографических красок для денег, газет, журналов [6, 7].

Производство желатина связано с отделением влаги, что в классическом варианте технологии требует значительных затрат тепловой энергии. Стабильность качества конечного продукта требует снижения содержания золы в конечном продукте [8, 9].

Целью исследования является изучение возможности повышения эффективности производства желатина путем применения мембранных технологий.

Исходя из поставленной цели, определены следующие задачи:

1. Изучить технологические возможности процесса ультрафильтрации для снижения содержания минеральных веществ и сокращения энергозатрат на выпаривание желатинового бульона (концентрирования).

2. Определить технически достижимый предел деминерализации желатина путем электродиализа.

**Материалы и методы исследований.** Образцы продукта для исследований были отобраны непосредственно на технологической линии завода ОАО «МОЖЕЛИТ». Для проведения электродиализа использована пилотная установка ED(R)-Y производства «MEGA a.s.», исследования проведены на технологической базе РУП «Институт мясо-молочной промышленности».

Известно, что мембранные технологии позволяют проводить фракционирование продукта, то есть выделение отдельных компонентов раствора (суспензии, эмульсии, истинного раствора) с сохранением их нативных свойств [10]. Движущей силой процесса является разность давлений и тангенциальная скорость потока продукта над мембраной, являющейся основным рабочим органом. Мембрана представляет собой пористый материал, выполненный из пластика или керамики, и имеет заданный размер пор (отверстий), определяющий назначение мембраны [11]. На рис. 1 представлена схема концентрирования отдельных компонентов сырья при использовании различных видов мембран.

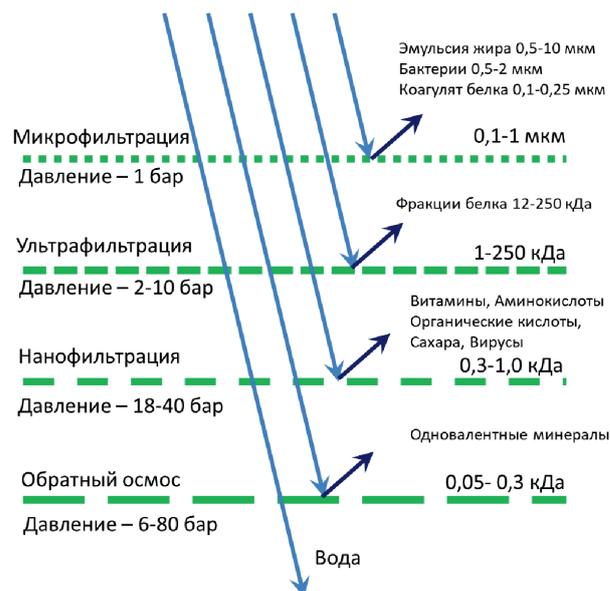


Рис. 1. Схема разделения сырья при применении баромембранных процессов  
Fig. 1. The scheme of separation of raw materials treated by pressure driving membrane process



Рис. 2. Фотография УФ установки для получения концентрата желатина (<http://gelatin.by/pictures/production-gelatin-3.jpg>, дата доступа 11.06.2019 г.) [3]  
 Fig. 2. Photograph of the UF apparatus for gelatin concentrate obtaining. (<http://gelatin.by/pictures/production-gelatin-3.jpg>, access data 11.06.2019) [3]

Для наших целей лучше всего подходит ультрафильтрация — баромембранный процесс, в результате которого происходит разделение и концентрирование исходной смеси на две фракции: концентрат (ретентат) и фильтрат (пермеат). В ретентат переходят белки из исходного сырья и частично задерживаются минеральные вещества. Пермеат представляет собой воду с небольшим содержанием минеральных веществ [12].

При последующей сушке пермеата полученный сухой продукт имеет технологические показатели: остаточное содержание влаги менее 10 %, зольность 1,0–1,5 %. Для сравнения, традиционная технология обеспечивает получение продукта с содержанием золы до 3 % в сухом веществе. Таким образом, применение технологической операции ультрафильтрационного концентрирования приводит к снижению зольности готового продукта. Основные физико-химические показатели исходного желатинового бульона и полученных в результате ультрафильтрации ретентата и пермеата представлены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1. Физико-химический состав желатинового бульона и продуктов ультрафильтрации  
 Table 1. Physicochemical composition of gelatin broth and ultrafiltration products

Наименование показателя	Бульон желатин содержащий	Ретентат	Пермеат
Массовая доля сухих веществ, %	4,6	13,5	0,2
Массовая доля золы, %	0,15 (3,26% в СВ)	0,19 (1,4 % в СВ)	0,09 (45% в СВ)
pH	6,61	6,83	6,98
Титруемая кислотность, °Т	0,80	0,80	0,60
Удельная электропроводимость, мСм/м	1,24	1,44	1,64
Массовая доля жира, %	Отс.	Отс.	Отс.
Массовая доля общего азота, %	0,752	2,457	0,025
Массовая доля общего белка (коллагена), % NЧ5,62	4,23	14,03	0,144
Массовая доля небелкового азота, %	0,083	0,066	0,025
Нитраты, мг/кг	Отс.	Отс.	Отс.
Нитриты, мг/кг	Отс.	Отс.	Отс.
Массовая доля фосфора, %	Отс.	Отс.	Отс.
Массовая доля общего фосфора в пересчёте на P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , %	0,0024	0,0048	0,00092
Натрий, мг/кг	130,2	163,0	101,8
Калий, мг/кг	8,4	9,4	5,8
Кальций, мг/кг	284,0	471,2	144,2
Магний, мг/кг	38,6	59,1	21,0

Установлено, что путем ультрафильтрации можно добиться четырехкратного концентрирования исходного бульона. Это позволяет снизить количество свободной влаги примерно на 77 % [13].

Достижению более высоких концентраций на мембранных установках препятствуют определенные технические сложности. Это связано со значительным ростом вязкости обрабатываемого продукта при удалении влаги из продукта [14]. В ходе исследований установлено, что при вязкости исходного бульона 4,3 мПаЧс, вязкость концентрата при 10 % сухих веществ составляет 28 мПаЧс, а при 13 % — 58,5 мПаЧс.

Так как часть минеральных веществ при ультрафильтрации удаляется с фильтратом, то в процессе концентрирования происходит также частичная деминерализация целевого продукта [15]. Согласно полученным результатам, деминерализация при ультрафильтрации составила 57 %. В ходе процесса наблюдается концентрирование макроэлементов: содержание общего азота увеличилось в 3,3 раза, что обусловлено повышением концентрации коллагена, общего фосфора — в 2 раза, натрия — в 1,2 раза, кальция — в 1,7 раза, магния — в 1,5 раза и калия — в 1,1 раза. Видно, что одновалентные ионы легко уходят в фильтрат, а двухвалентные сильнее связаны с белковыми структурами коллагена и их выделение несколько ниже.

Использование мембранной технологии в производственной линии завода позволило снизить количество вакуум-выпарных аппаратов, применяемых перед сушкой желатина [16]. Положительный эффект достигнут за счет удаления основного объема свободной влаги (70,1 % от начального количества) из желатинового бульона на ультрафильтрационной установке. Ступение перед сушкой по традиционной технологии требовало 4 вакуум-выпарных аппаратов, после внедрения мембранного концентрирования достаточно одного [17].

Для более глубокого снижения зольности в готовом продукте возможно провести деминерализацию с использованием электродиализа — процесса электрофизического разделения веществ, основанного на переносе образовавшихся ионов через мембраны под действием разности потенциалов, создаваемой в растворе по обе стороны мембран. Первоначальный раствор, из которого необходимо убрать электролиты, называется дилуат, а раствор, в который эти электролиты переходят, — концентрат. В аппарате находятся два типа мембран: катионные и анионные, через которые проходят положительно и отрицательно заряженные частицы, соответственно [18]. Соседние мембраны образуют камеры, в которых поочередно собирается концентрат и дилуат, как показано на рис. 3. Для возможности циркуляции растворов между мембранами находится спейсер — разделитель, толщина которого зависит от вязкости продуктов [19].

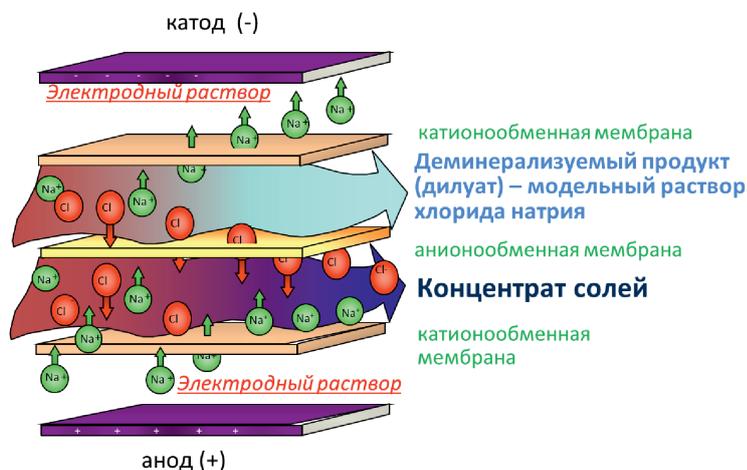


Рис. 3. Процесс электрофизического обессоливания в элементарной рабочей ячейке электродиализной установки  
Fig. 3. The process of electrophysical desalination in the elementary working cell of the electrodesalination unit

Блок-схема технологического процесса, включающего глубокую деминерализацию желатина электродиализом и концентрирование при помощи ультрафильтрации, представлена на рис. 4.

Для исследования процесса электродиализа использовали желатиновый бульон после предварительной очистки. Лимитирующим фактором при обработке желатинового бульона на мембранах является вязкость, которая зависит не только от состава исходного сырья и методов его обработки, но и от температуры процесса [20]. С другой стороны, повышение температуры приводит к более глубокому гидролизу коллагена и снижению качества продукта [21]. В качестве рабочей температуры для проведения испытания принята температура 40 °С.

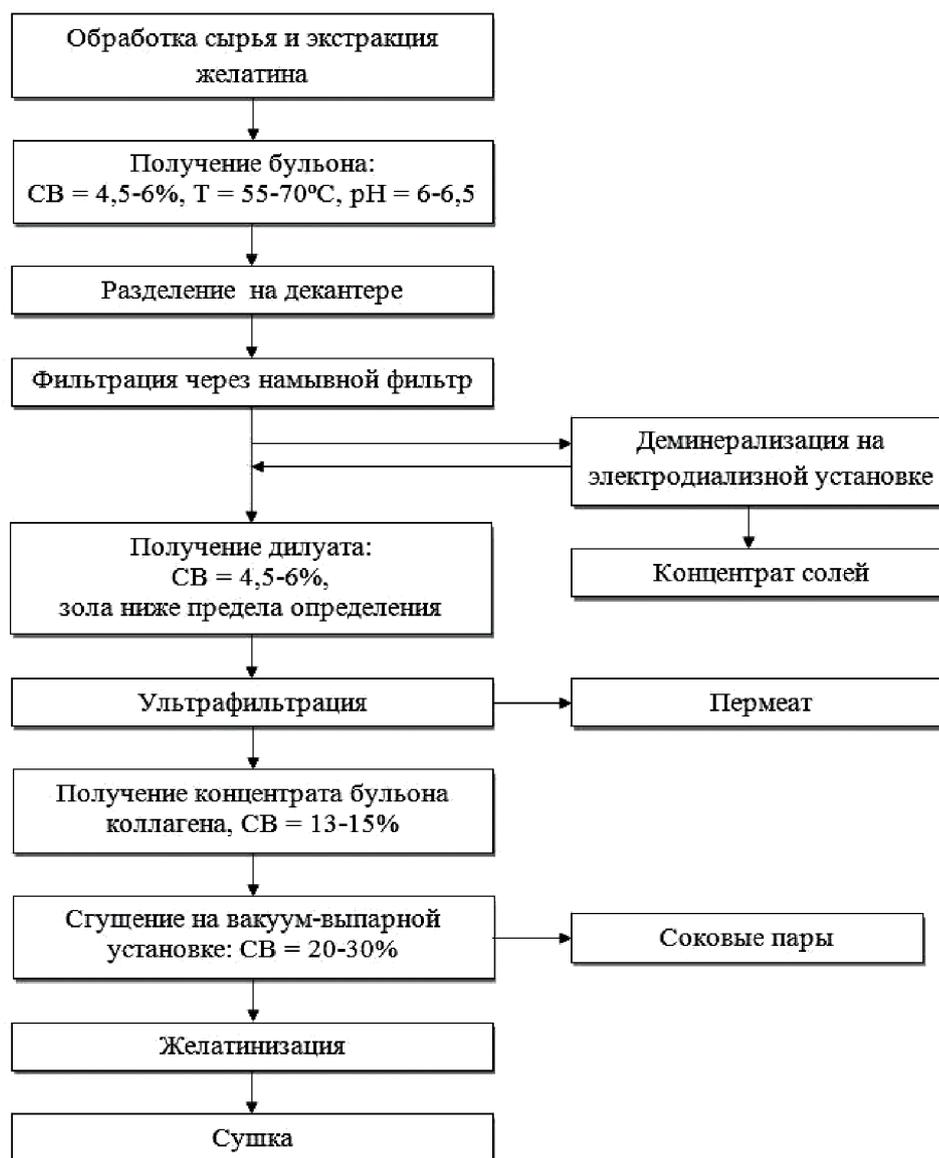


Рис. 4. Схема деминерализации желатинового бульона  
Fig. 4. The scheme of demineralization of the gelatin broth

Показатели исходного бульона и продуктов после деминерализации приведены в табл. 2. График изменения электропроводимости представлен на рис. 5.

В ходе деминерализации зольность бульона достигла уровня ниже возможности метода определения. Практически это означает полное отсутствие минеральных веществ в желатине после обработки. За счет более активного удаления катионов из продукта снизилась его активная кислотность на 1,42 ед. рН. В ходе опытов достигнуто удаление ионов натрия на 65 %, калия на 83,8 % и магния на 83,9 %, кальция более чем на 95 %. Анионы хлора удалены почти полностью, а содержание сульфат-ионов сократилось на 65,7 %.

Анализ полученных данных показывает, что содержание сухих веществ изменилось незначительно. Исследование показало, что процесс деминерализации желатинового бульона идет с высокой скоростью выделения катионов.

**Выводы:**

1. Применение ультрафильтрации снижает количество свободной влаги в желатиновом бульоне на 70 %, что понижает нагрузку на вакуум-выпарные аппараты на 77 %. Таким образом достигается значительное снижение потребления тепловой энергии при получении концентрата желатина. Установлено, что при концентрировании в пермеат уходят растворимые низкомолекулярные соединения, что обеспечивает фактическое снижение зольности целевого продукта на 57 %.

Т а б л и ц а 2. Показатели деминерализации бульона для желатина  
Table 2. Indicators of demineralization of gelatin broth

Наименование показателя	Желатин исходный из установки	Желатин после ЭД	Концентрат солей после ЭД
Массовая доля сухих веществ, %	4,4	4,4	0,09
Массовая доля золы, %	0,06 (1,36%)	Отс.	0,08
pH	6,20	4,78	3,58
Массовая доля общего азота, %	0,794	0,805	0,003
Массовая доля коллагена, % NЧ5,62	4,46	4,52	0,02
Массовая доля небелкового азота, %	0,060	0,095	Отс.
Натрий, мг/л	63,57	22,51	152,41
Калий, мг/л	29,13	4,73	70,28
Кальций, мг/л	93,95	< 9,5	200,9
Магний, мг/л	33,13	5,32	87,83
Хлор-ионы, мг/дм <sup>3</sup>	350,0	12,0	510,0
Сульфат-ионов, мг/дм <sup>3</sup>	0,181	0,119	0,315

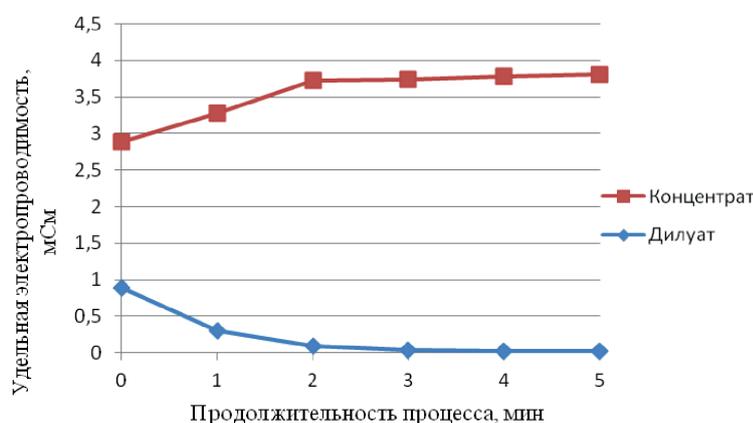


Рис. 5. Изменение электропроводности дилуата и концентрата в процессе электродиализа  
Fig. 5. The changes in electrical conductivity in dilute and concentrate during electrodiagnosis

2. Применение процесса электродиализа в производстве желатина позволяет снизить зольность бульона до уровня ниже возможности метода определения, что делает возможным получение продукта особых кондиций и стабильного качества по показателю зольность независимо от качества исходного сырья.

#### Список использованных источников

1. Желатин. Технические условия: ГОСТ 11293-89. — Введ. 01.07.91. — Москва: Государственный агропромышленный комитет СССР, переиздание 2001. — 9 с.
2. Технология производства желатина [Электронный ресурс] / Официальный сайт ОАО «Можелит». — 2014. — Режим доступа: <http://gelatin.by/partners/technology>. — Дата доступа: 15.08.2019.
3. Gilsean, P.M. Viscoelasticity of thermo reversible gelatin gels from mammalian and piscine collagen / P.M. Gilsean, S.B. Ross-Murphy // Journal of Rheology. — 2000. — № 44. — P. 871–882.
4. Ильина, С.И. Электромембранные процессы: учеб. пособие / С.И. Ильина — М: РХТУ им. Менделеева, 2013. — 57 с.
5. Производство и применение желатина в пищевой промышленности [Электронный ресурс] / Электронный архив Национального университета пищевых технологий. — Киев, 2005. — Режим доступа: <http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/10331/1/Production%20and%20use.pdf>. — Дата доступа: 15.08.2019.
6. Производство желатина. Современные технологии производства желатина Gelita и его производных [Электронный ресурс] / КоллагенПром. — 2016. — Режим доступа: [https://hay-farm.ru/images/files/buklet\\_gelatine\\_production\\_russian-1.pdf](https://hay-farm.ru/images/files/buklet_gelatine_production_russian-1.pdf). — Дата доступа: 15.08.2019.

7. Гаршина, Т.И. Переработка молочной сыворотки с помощью электродиализа / Т.И. Гаршина // Молочная промышленность. — 2012. — №11. — С. 55–57.
8. Джафаров, А.Ф. Производство желатина / А.Ф. Джафаров. — Москва: Агропромиздат, 1990. — 287 с.
9. Кецелашвили, Д.В. Технология мяса и мясных продуктов: учеб. пособие: в 3 ч. / Д.В. Кецелашвили. — Кемерово: Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2004. — Ч. 3. — 115 с.
10. Производство желатина [Электронный ресурс] / Интернет-портал Учебные материалы и документы. — 2014. — Режим доступа: <https://works.doklad.ru/view/d1gATHMwMaM.html>. — Дата доступа: 15.08.2019.
11. Подготовка и характеристика желатинов из шкур синего крокера (*Johnius dussumieri*) и короткого лопатки (*Decapterus macrosoma*) / К.С. Чеу, М.С. Нориза, З.Ю. Кьяу, Н.К. Хауэлл // *Food Chemistry*. — 2007. — № 101. — С. 386–391.
12. Processing optimization and functional properties of gelatin from shark (*Isurus oxyrinchus*) cartilage. / S.M. Cho, K.S. Kwak, D.C. Park, Y.S. Gu, C.I. Ji, D.H. Jang. // *Food Hydrocolloids*. — 2004. — № 18. — P. 573–579.
13. Технологии мембранной фильтрации технологических растворов и сред. Производство желатина [Электронный ресурс] / Информационный ресурс ВФСТech.ru. — 2014. — Режим доступа: <https://membrane.nethouse.ru/static/doc/0000/0000/0231/231269.my7f33fo1x.pdf>. — Дата доступа: 15.08.2019.
14. Машины и аппараты пищевых производств: учеб. пособие / С.Т. Антипов [и др.]; под ред. В.А. Панфилова. — М.: Высш. шк., 2001. — 703 с.
15. Технология мяса и мясных продуктов: в 3 томах. / сост.: И.А. Рогов, А.Г. Забашта, Г.П. Казюлин. — Москва: КолосС, 2009. — Т.1. : Общая технология мяса. — 565 с.
16. Производство желатина из кости [Электронный ресурс] / Все о технологии мяса. — 2012. — Режим доступа: <http://promeat-industry.ru/tehnologiya-myasa/213-proizvodstvo-zhelatina-iz-kosti-chast-1.html>. — Дата доступа: 15.08.2019.
17. Мулдер, М. Введение в мембранную технологию: учеб. пособие / М. Мулдер. — Москва: Мир, 1999. — 513 с.
18. Джонсон-Бэнкс, Ф.А. Желатин. Пищевые гели / Ф.А. Джонсон-Бэнкс // Elsevier Applied Food Science Series, New York. — 2007. — С. 233–289.
19. Области применения желатина [Электронный ресурс] / Официальный сайт ОАО «Можелит». — Могилев, 2014. — Режим доступа: [http://gelatin.by/pictures/sfery\\_primenenija\\_zhelatina.pdf](http://gelatin.by/pictures/sfery_primenenija_zhelatina.pdf). — Дата доступа: 15.08.2019.
20. Оборудование для производства желатина [Электронный ресурс] / Официальный сайт Агро-маш — пищевое оборудование. — 2006. — Режим доступа: <http://www.agro-mash.ru/ob-proizv-gelatin.htm>. — Дата доступа: 15.08.2019.
21. Промышленное производство желатина — Теория и практика [Электронный ресурс] / Интернет-портал АCADEMIA. — 2014. — Режим доступа: [https://www.academia.edu/8410348/Industrial\\_Gelatin\\_Manufacture-Theory\\_and\\_Practice](https://www.academia.edu/8410348/Industrial_Gelatin_Manufacture-Theory_and_Practice). — Дата доступа: 15.08.2019.

## References

1. Gelatin. Tehnicheskie usloviya. [*Gelatin. Technical conditions.*] GOST 11293-89. — Enter 07.01.01. — Moscow: USSR State Agricultural and Industrial Committee, 2001. — 9 p. (in Russian).
2. Tekhnologiya proizvodstva zhelatina. [*Technology of production of gelatin.*] // Official website JSC «Mogelit» [Electronic resource] — 2014. — Mode of access: <http://gelatin.by/partners/technology>. — Date of access: 07.05.2019 (in Russian).
3. Gilsenan P.M. Viscoelasticity of thermo reversible gelatin gels from mammalian and piscine collagen. / P.M. Gilsenan, S.B. Ross-Murphy // *Journal of Rheology*. — 2000. — № 44. — P. 871–882 (in Russian).
4. Пина С.И. Электромембранные процессы [*Electromembrane processes*]: tutorial / С.И. Пыина. — М: RHTU named Mendeleev, 2013. — 57 p. (in Russian).
5. Proizvodstvo i primeneniye zhelatina v pishchevoy promyshlennosti. [*Production and use of gelatin in the food industry.*] // eNUFTIR [Electronic resource] — 2014. — Mode of access: <http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/10331/1/Production%20and%20use.pdf>. — Date of access: 07.17.2019 (in Russian).
6. Proizvodstvo zhelatina. Sovremennyye tekhnologii proizvodstva zhelatina Gelita i yego proizvodnykh. [*Gelatin production. Modern technologies for the production of gelatin Gelita and its derivatives.*] // CollagenProm [Electronic resource] — 2016. — Mode of access: [https://hay-farm.ru/images/files/buklet\\_gelatine\\_production\\_russian-1.pdf](https://hay-farm.ru/images/files/buklet_gelatine_production_russian-1.pdf). — Date of access: 05.07.2019 (in Russian).

7. Garshina T.I. Pererabotka molochnoy syvorotki s pomoshch'yu elektrodializa [*Processing milk whey with the help of the electrodialysis*] / T.I. Garshina // Dairy industry. — 2012. — №11. — p. 55–57 (in Russian).
8. Dzhafarov A.F. Proizvodstvo zhelatina. [*Gelatin production.*] / A.F. Dzhafarov. — Moscow: Agropromizdat, 1990. — 287 p. (in Russian).
9. Kecelashvili D.V. Tekhnologiya myasa i myasnykh produktov. [*Technology of meat and meat products*]: tutorial: in 3 parts / D.V. Kecelashvili. — Kemerovo: Kemerovo Institute of Food Science and Technology, 2004. — P. 3. — 115 p. (in Russian).
10. Proizvodstvo zhelatina. [*Gelatin production.*] // Internet-portal Educational materials and documents. [Electronic resource] — 2014. — Mode of access : <https://works.doklad.ru/view/d1gATHMwMaM.html>. — Date of access : 05.07.2019 (in Russian).
11. Preparation and characterisation of gelatins from the skins of sin croaker (*Johnius dussumieri*) and shortfin scad (*Decapterus macrosoma*) / C.S. Cheow [et al.] // Journal of Food Chemistry. — 2007. — №101. — p. 386–391.
12. Processing optimization and functional properties of gelatin from shark (*Isurus oxyrinchus*) cartilage. / S.M. Cho, K.S. Kwak, D.C. Park, Y.S. Gu, C.I. Ji, D.H. Jang. // Food Hydrocolloids. — 2004. — №18. — P. 573–579.
13. Tekhnologii membrannoy fil'tratsii tekhnologicheskikh rastvorov i sred. Proizvodstvo zhelatina. [*Technologies of membrane filtration of technological solutions and media. Gelatin production.*] // Information resource BFCtech.ru [Electronic resource] — 2014. — Mode of access : <https://membrane.nethouse.ru/static/doc/0000/0000/0231/231269.my7f33fo1x.pdf>. — Date of access : 05.07.2019 (in Russian).
14. Mashiny i apparaty pishchevykh proizvodstv. [*Machines and devices for food production.*] Tutorial / S.T. Antipov [et al]; ed. V.A. Panfilov. — M.: Vysh. shk., 2001. — 703 p. (in Russian).
15. Rogov I.A. Tekhnologiya myasa i myasnykh produktov. [*Technology of meat and meat products.*]: in 3 books / authors: I.A. Rogov, A.G. Zabashta, G.P. Kazyulin. — M: ColosS, 2009. — Book 1: Obshchaya tekhnologiya myasa = General technology of meat. — 565 p. (in Russian).
16. Proizvodstvo zhelatina iz kosti. [*Production of gelatin from the bone.*] // Vse o proizvodstve myasa [*All about meat processing*]. [Electronic resource] — 2012. — Mode of access : <http://promeat-industry.ru/tehnologiya-myasa/213-proizvodstvo-zhelatina-iz-kosti-chast-1.html>. — Date of access: 05.07.2019 (in Russian).
17. Mulder M. Vvedeniye v membrannuyu tekhnologiyu. [*Introduction to membrane technology*] Tutorial / M. Mulder. — Moscow: Mir, 1999. — 513 p. (in Russian).
18. Johnston-Banks FA. Gelatin. Food gels. / F.A. Johnston-Banks // Elsevier Applied Food Science Series. — 2007. — p. 233–289 (in Russian).
19. Oblasti primeneniya zhelatina. [*Application areas of gelatin.*] // Official website JSC «Mogelit» [Electronic resource] — 2014. — Mode of access : [http://gelatin.by/pictures/sfery\\_primeneniya\\_zhelatina.pdf](http://gelatin.by/pictures/sfery_primeneniya_zhelatina.pdf). — Date of access : 05.07.2019 (in Russian).
20. Oborudovaniye dlya proizvodstva zhelatina. [*Equipment for the production of gelatin.*] // Official website Agromash — foodstuffs equipment. [Electronic resource] — 2006. — Mode of access : [www.agro-mash.ru/ob-proizv\\_gelatin.htm](http://www.agro-mash.ru/ob-proizv_gelatin.htm). — Date of access : 05.07.2019 (in Russian).
21. Industrial Gelatin Manufacture-Theory and Practice. // Internet-portal ACADEMIA. [Electronic resource] — 2014. — Mode of access : [https://www.academia.edu/8410348/Industrial\\_Gelatin\\_Manufacture-Theory\\_and\\_Practice](https://www.academia.edu/8410348/Industrial_Gelatin_Manufacture-Theory_and_Practice). — Date of access : 05.07.2019 (in Russian).

#### Информация об авторах

*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](mailto:dymarov@tut.by).

*Дымар Татьяна Иосифовна* — директор представительства АО «MEGA a.s.», г. Минск, Республика Беларусь. E-mail: [Tatiana.Dymar@mega.cz](mailto:Tatiana.Dymar@mega.cz).

*Яковлева Мария Романовна* — инженер-технолог РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: [sugar@belproduct.com](mailto:sugar@belproduct.com).

#### Information about authors

*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](mailto:dymarov@tut.by).

*Dymar Tatyana I.* — director in the representative office «MEGA a.s.» (Czech Republic) in the Republic of Belarus. E-mail: [Tatiana.Dymar@mega.cz](mailto:Tatiana.Dymar@mega.cz).

*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@belproduct.com](mailto:sugar@belproduct.com).

УДК 664.69.022.39

Поступила в редакцию 24.05.2019  
Received 24.05.2019**Ж.В. Кошак<sup>1</sup>, А.В. Покрашинская<sup>2</sup>**<sup>1</sup>*РУП «Институт рыбного хозяйства», г. Минск, Республика Беларусь*<sup>2</sup>*Учреждение образования «Гродненский государственный аграрный университет»,  
г. Гродно, Республика Беларусь***ПОДБОР ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРОИЗВОДСТВА  
МАКАРОННЫХ ИЗДЕЛИЙ С ПОРОШКОМ АРОНИИ**

**Аннотация.** В ходе проведенных исследований было установлено влияние внесения порошка черноплодной рябины на количество и качество клейковины в используемой муке. Определены дозировка порошка черноплодной рябины и влажность макаронного теста с применением этого порошка, при которых достигаются оптимальные параметры процессов замеса и прессования (производительность пресса, давление прессования и скорость прессования) макаронного теста. Установлены параметры комбинированной сушки, включающей конвективную и СВЧ-сушку, которые позволяют получать макаронные изделия с внесением пищевого порошка черноплодной рябины соответствующие установленным показателям влажности, прочности и количества сухих веществ, прошедших в варочную воду.

**Ключевые слова:** макаронные изделия, порошок черноплодной рябины, показатели качества, сушка

**Z.V. Koshak<sup>1</sup>, A.V. Pokrashinskaya<sup>2</sup>**<sup>1</sup>*The Institute for Fish Industry, Minsk, Republic of Belarus*<sup>2</sup>*The Grodno State Agrarian University, Grodno, Republic of Belarus***SELECTION OF OPTIMAL PARAMETERS OF PRODUCTION  
OF PASTA PRODUCTS WITH CHOKEBERRY POWDER**

**Abstract.** In the course of this work, the influence of the introduction of black chokeberry powder on the quantity and quality of gluten in the flour used was established. The dosage of chokeberry powder and the moisture content of pasta dough with the application of this powder at which the optimum parameters of the kneading and pressing processes (press performance, pressing pressure and pressing speed) of pasta dough are achieved are determined. The parameters of the combined drying, including convective and microwave drying, are established, which allow to obtain pasta with the addition of edible powder of chokeberry of a certain moisture, strength and amount of dry substances that have passed into the cooking water.

**Keywords:** pasta, black chokeberry powder, quality indicators, drying

**Введение.** Одной из актуальных задач пищевой промышленности является обогащение продуктов питания биологически активными компонентами. В настоящее время ведутся разработки по созданию новых видов макаронных изделий с улучшенными свойствами и повышенной пищевой ценностью для организма человека. Макароны, пользующиеся достаточно высоким спросом у населения, изготавливаются только из муки и воды, содержат в своем составе незначительное количество биологически активных соединений, следовательно, могут служить удобным объектом для обогащения. Для этого целесообразно использовать измельченные до порошкообразного состояния, предварительно высушенные плоды и ягоды. Перспективным сырьем для производства подобных продуктов являются измельченные до порошкообразного состояния, предварительно высушенные плоды и ягоды, например, арония черноплодная.

Арония обладает антиоксидантными и противоаллергическими качествами. Большое содержание йода позволяет использовать её при заболевании щитовидной железы. Помимо этого, ягоды помогают в лечении болезни желчного пузыря, почек, печени, желудочно-кишечного тракта и сосудистой системы. Регулярное употребление плодов рябины черноплодной способствует повышению аппетита и приводит к понижению артериального и внутричерепного давления. Этот эффект достигает-

ся в результате того, что плоды способствуют разжижению крови, понижают свертываемость крови, снижают риск образования тромбозов в мелких артериях и венах [1, 2].

При внесении порошка аронии макаронные изделия обогащаются витаминами: группы В, РР, С, β-каротином, минеральными веществами (калием, натрием, кальцием, магнием, медью, железом) и пищевыми волокнами (клетчаткой, пектиновыми веществами) [3]. Такие макаронные изделия могут быть рекомендованы для питания всех групп населения.

Целью представленной работы является подбор оптимальных параметров производства макаронных изделий с внесением порошка аронии. Основным сырьевым компонентом при получении макаронных изделий является мука. В исследованиях использовалась мука пшеничная первого сорта, показатели качества которой представлены в табл. 1.

Таблица 1. Органолептические и физико-химические показатели качества муки пшеничной первого сорта

Table 1. Organoleptic and physico-chemical quality indicators of wheat flour of the first grade

Наименование показателя	Характеристика
Цвет	Белый с кремовым оттенком
Запах	Свойственный запаху муки, без посторонних запахов не затхлый, не плесневый
Вкус	Свойственный вкусу муки, без посторонних привкусов, не кислый, не горький
Хруст	При разжевывании хруст отсутствует
Влажность, %	12,0
Кислотность, град.	3,0
Количество клейковины, %	34,0
Качество сырой клейковины, усл. ед. прибора ИДК	95,7
Зольность, %	0,45
Содержание жёлтого пигмента, мг в-каротина	0,016
Металломагнитная примесь	Не наблюдается
Заражённость вредителями хлебных запасов	Не наблюдается

Данные, представленные в табл. 1, удовлетворяют всем необходимым требованиям [4].

При введении в рецептуру дополнительного компонента, в частности порошка аронии черноплодной, необходимо оценить его влияние на технологические свойства муки. Влияние различных дозировок на количество и качество клейковины представлено на рис. 1.

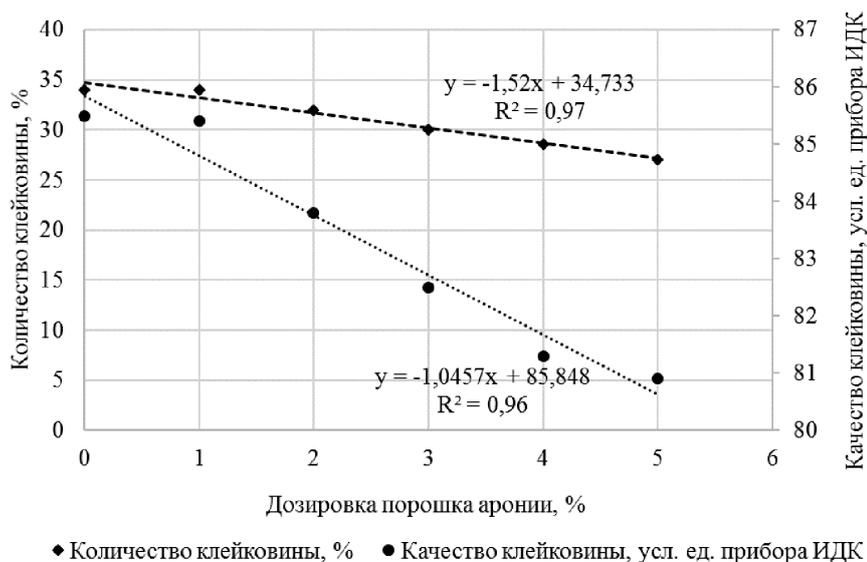


Рис. 1. Зависимость количества и качества клейковины от дозировки порошка аронии  
Fig. 1. The dependence of the quantity and quality of gluten on dosing powder chokeberry

Полученные данные показывают, что внесение пищевого порошка аронии черноплодной в количестве до 1 % практически не оказывает влияния на количество клейковины. При внесении большего количества порошка происходит уменьшение содержания клейковины в муке, и при внесении порошка в количестве 5 %, содержание клейковины уменьшается в 1,25 раз.

В то же время внесение пищевого порошка приводит к укреплению клейковины. Причем, чем больше вносится пищевого порошка, тем сильнее она становится. Обусловлено это наличием в составе порошка аронии соединений окислительного действия (табл. 2), которые способствуют образованию дисульфидных связей между третичными и четвертичными структурами белковых молекул, тем самым упрочняя клейковинный каркас [5, 6]. При внесении порошка аронии черноплодной в количествах от 1 до 5 % качество клейковины улучшается на 5,4 %.

Т а б л и ц а 2. Химический состав порошка аронии черноплодной  
Table 2. The chemical composition of chokeberry powder

Показатель	Характеристика
Влажность, %	7,96
Зольность, % на СВ	1,49
Кислотность, град, в пересчете на яблочную кислоту	0,12
Содержание экстрактивных веществ, % на СВ	48,09
Содержание дубильных веществ, % на СВ	6,66
Содержание каротиноидов, %, в пересчете на β-каротин	0,07
Содержание пектиновых веществ, % на СВ	75,25
Содержание свободных органических кислот, % на СВ	9,46
Содержание моносахаридов, % на СВ	21,26
Содержание сахарозы, % на СВ	0,009

Таким образом, пищевой порошок аронии черноплодной содержит достаточное количество полезных соединений и может использоваться при получении макаронных изделий [7, 8, 9]. Внесение данного порошка приведет к изменению органолептических и физико-химических показателей качества готовых изделий.

Помимо качества исходного сырья на физические свойства теста, сырых изделий и качество макаронной продукции оказывают влияние различные технологические параметры, такие как влажность теста, температура теста и продолжительность замеса.

При проведении исследований применялся холодный тип замеса теста (температура воды, идущей на замес 30 °С). Такой тип замеса рекомендуют использовать при низком содержании клейковины [10, 11], а внесение порошка аронии черноплодной приводит к уменьшению ее доли. Кроме того, холодный тип замеса целесообразно использовать при внесении в макаронное тесто пищевого порошка, содержащего витамины и другие биологически активные вещества с целью их сохранения.

Продолжительность замеса макаронного теста составила 10 мин. Этого времени достаточно для того, чтобы частицы муки пшеничной первого сорта, равномерно пропитались влагой [12, 13].

Для определения влияния дозировок порошка аронии на параметры прессования использовали планирование эксперимента ПФЭ 2<sup>2</sup> со звездным плечом в пакете StatGraphics Plus [14, 15].

В качестве входных факторов принимались:

- ♦ влажность теста в диапазоне 30–36 %;
- ♦ дозировка порошка аронии в диапазоне 2–6 %.

Параметрами оптимизации выступили производительность макаронного пресса, скорость прессования и давление прессования. Матрица планирования представлена в табл. 3.

При статистической обработке экспериментальных данных получены следующие уравнения регрессии: (1) — производительность пресса, (2) — скорость прессования, (3) — давление прессования в стандартизированных переменных, адекватно описывающие зависимость исследуемых показателей качества от выбранных факторов:

$$P = -53,29 + 3,33 \cdot W + 0,12 \cdot D - 0,05 \cdot W^2 + 0,0013 \cdot W \cdot D - 0,017 \cdot D^2, \quad (1)$$

$$V = -170,86 + 10,6 \cdot W + 1,17 \cdot D - 0,16 \cdot W^2 - 0,0083 \cdot W \cdot D - 0,087 \cdot D^2, \quad (2)$$

$$P = 125,57 - 6,50 \cdot W - 0,9 \cdot D + 0,087 \cdot W^2 + 0,0071 \cdot W \cdot D + 0,092 \cdot D^2, \quad (3)$$

где W — влажность теста, %; D — дозировка порошка аронии, %.

Таблица 3. Матрица ПФЭ 2<sup>2</sup> со звездным плечом для определения параметров замеса  
Table 3. FFE 2<sup>2</sup> matrix with a star shoulder for determining parameters

№п/п	Входящие факторы		Параметры оптимизации		
	влажность теста, %	дозировка порошка аронии, %	производительность пресса, кг/час	скорость прессования, м/с·10 <sup>-3</sup>	давление прессования, МПа
1	33	4	1,65	5,6	4,08
2	30	2	0,97	3,4	7,84
3	36	2	0,85	2,8	2,94
4	30	6	1,05	3,9	8,0
5	36	6	0,96	3,1	3,27
6	28,7574	4	0,93	3,2	8,5
7	37,2426	4	0,78	3	2,45
8	33	1,17157	1,55	4,5	4,41
9	33	6,82843	1,72	6,1	4,9
10	33	4	1,6	5,5	4,2

Для более полного изучения влияния входящих факторов на все параметры оптимизации (производительность пресса, скорость прессования и давления прессования) целесообразно использовать карты линий равного уровня.

При наложении карт линий равного уровня производительности, скорости и давления прессования была построена диаграмма (рис. 2), с помощью которой можно определить оптимальные: влажность теста и дозировку порошка аронии черноплодной.

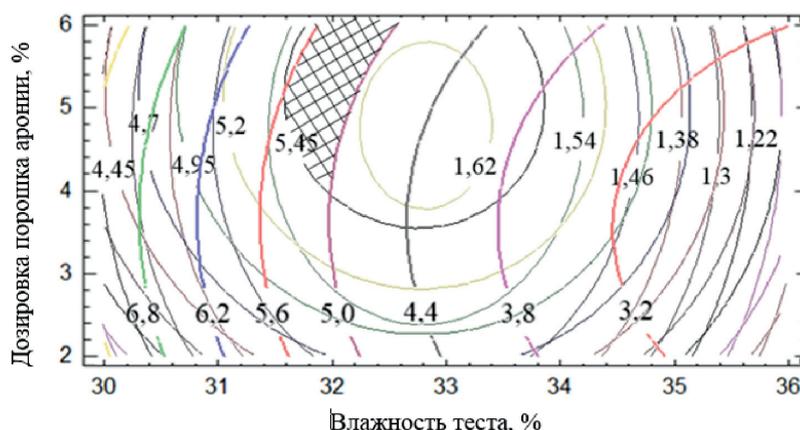


Рис. 2. Диаграмма определения производительности, скорости и давления прессования в зависимости от влажности теста и дозировки порошка аронии

Fig. 2. Diagram for determining the productivity, speed and pressure of pressing depending on the moisture content of the dough and the dosage of choke powder

Пересечение линий равного уровня на полученной диаграмме указывает на область, в которой устанавливаются оптимальные значения производительности пресса (1,5–1,6 кг/час), скорости прессования ( $5,45 \cdot 10^{-3}$ – $5,7 \cdot 10^{-3}$  м/с) и давления прессования (5–5,6 МПа). Такие значения параметров достигаются при влажности теста в диапазоне от 31,65 до 32,5 % и дозировке порошка аронии — от 4 до 6 %.

Сушка макаронных изделий является наиболее длительной стадией процесса их производства, от которой зависит качество готовой продукции. Высушивание заканчивают по достижении изделиями влажности 13,5–14 %, чтобы после остывания, перед упаковкой, влажность их составляла не более 13 % [13, 16].

Как отмечалось ранее, макаронные изделия с внесением пищевого порошка аронии обогащены витаминами и другими биологически активными веществами. С целью их сохранения в готовой продукции целесообразно использовать низкотемпературный режим сушки с температурой сушильного воздуха до 60 °С. Однако данный способ сушки является достаточно длительным (несколько часов) [17, 18, 19].

Значительно более интенсивным методом сушки является сушка в электромагнитном поле сверхвысокой частоты (СВЧ). Использование СВЧ-энергии позволяет сократить длительность обработки

продуктов в 5–10 раз, уменьшая энергозатраты на единицу продукции в 1,5–2,5 раза. Однако использование СВЧ-энергии на протяжении всего процесса сушки приводит к образованию вздутий внутри макаронных изделий, что отрицательно сказывается на показателях качества и варочных свойствах готовой макаронной продукции [10, 20, 21].

С целью сокращения длительности сушки и повышения качества изделий будем использовать комбинированный способ сушки:

- ♦ конвективный способ на предварительной стадии;
- ♦ СВЧ-сушка на заключительной стадии.

Для подбора оптимальной продолжительности сушки на обеих стадиях использовалось планирование эксперимента 2<sup>2</sup> со звездным плечом в пакете StatGraphics Plus [14, 15].

В качестве входных факторов принимались:

- ♦ продолжительность конвективной сушки при температуре 60 °С в течение 20–40 мин;
- ♦ продолжительность СВЧ-сушки при мощности 1,93 Вт/г в течении 5–10 мин.

Параметрами оптимизации выступили влажность полученных макаронных изделий, прочность сухих изделий и количество сухих веществ, перешедших в варочную воду.

Подбор оптимальных режимов сушки проводили на макаронных изделиях с внесением 5 % порошка аронии черноплодной при влажности макаронного теста 32,5 %. Матрица планирования для определения режимов сушки представлена в табл. 4.

Таблица 4. Матрица ПФЭ 2<sup>2</sup> со звездным плечом для определения режимов сушки  
Table 4. FFE 2<sup>2</sup> matrix with a star shoulder for determining drying conditions

№п/п	Входящие факторы		Параметр оптимизации		
	продолжительность конвективной сушки, мин	продолжительность СВЧ-сушки, мин	влажность изделий, %	прочность, Н	количество СВ в варочной воде, %
1	40	7,5	12,17	0,52	8,26
2	20	5	17,7	0,56	12,72
3	60	5	14,63	0,76	11,8
4	20	10	16,5	0,70	14,56
5	60	10	13,89	0,63	9,98
6	11,7157	7,5	19,09	0,67	13,58
7	68,2843	7,5	9,29	0,97	9,22
8	40	3,96447	16,9	0,65	11,1
9	40	11,0355	10,4	0,62	14,11
10	40	7,5	13	0,45	7,5

При статистической обработке экспериментальных данных получены следующие уравнения регрессии: (4) — влажность изделий, (5) — прочность, (6) — количество сухих веществ, перешедших в варочную воду, в стандартизованных переменных, адекватно описывающие зависимость исследуемых показателей качества от выбранных факторов:

$$W = 36,057 - 0,39 \cdot T_1 - 2,98 \cdot T_2 + 0,0031 \cdot T_1^2 + 0,0023 \cdot T_1 \cdot T_2 + 0,16 \cdot T_2^2, \quad (4)$$

$$П = 1,087 - 0,017 \cdot T_1 - 0,089 \cdot T_2 + 0,00038 \cdot T_1^2 + 0,0014 \cdot T_1 \cdot T_2 + 0,0094 \cdot T_2^2, \quad (5)$$

$$W = 32,95 - 0,30 \cdot T_1 - 4,89 \cdot T_2 + 0,0046 \cdot T_1^2 - 0,018 \cdot T_1 \cdot T_2 + 0,39 \cdot T_2^2, \quad (6)$$

где T<sub>1</sub> — продолжительность конвективной сушки, мин; T<sub>2</sub> — продолжительность СВЧ-сушки, мин.

При наложении карт линий равного уровня для всех параметров оптимизации получается диаграмма (рис. 3), с помощью которой можно определить оптимальные продолжительности конвективной и СВЧ-сушки.

Пересечение линий равного уровня на полученной диаграмме указывает на область, в которой достигаются оптимальные значения влажности высушенных изделий (12,6–13,4 %) [22], прочности сухих макаронных изделий (0,58–0,62 Н) [23, 24] и количества сухих веществ, перешедших в варочную воду (8,0–8,7 %) [25]. Такие значения показателей достигаются при продолжительности конвективной сушки 48–52 мин и СВЧ-сушки 5,8–6,3 мин.

**Заключение.** В ходе проведенной работы установлено влияние внесения порошка аронии черноплодной на количество и качество клейковины в используемой муке. При внесении порошка аронии черноплодной в количествах от 1 до 5 % количество клейковины уменьшается в 1,25 раз, а качество клейковины улучшается на 5,4 %.

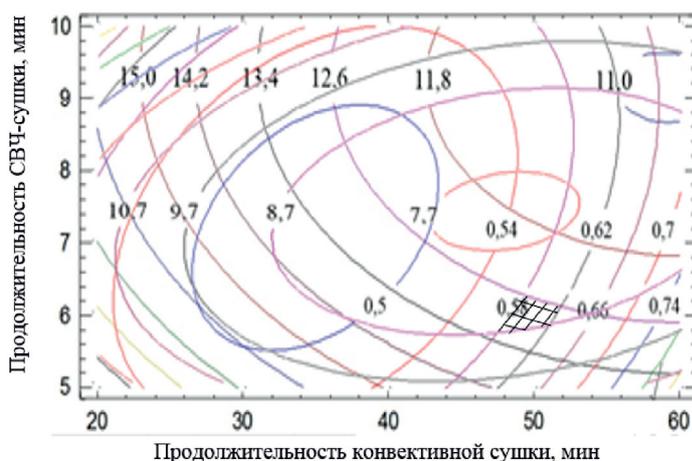


Рис. 3. Диаграмма определения влажности и прочности макаронных изделий в зависимости от продолжительности конвективной и СВЧ-сушки  
 Fig. 3. Diagram for determining the moisture and strength of pasta, depending on the duration of convective and microwave drying

Экспериментально установлены параметры замеса и прессования: производительность пресса, давление прессования и скорость прессования для макаронных изделий с порошком аронии черноплодной. Оптимальные значения данных параметров достигаются при влажности теста в диапазоне от 31,65 до 32,5 % и дозировке порошка аронии от 4 до 6 %.

Также определены параметры комбинированной сушки, включающей конвективную и СВЧ-сушку. Установлено, что при продолжительности конвективной сушки 48–52 мин и СВЧ-сушки 5,8–6,3 мин достигаются оптимальные значения влажности высушенных изделий, прочности сухих макаронных изделий и количества сухих веществ, перешедших в варочную воду.

#### Список использованных источников

1. Школьник, Ю. Растения. Полная энциклопедия / Ю. Школьник. — М.: Эксмо, 2007. — 257 с.
2. Большая книга о плодах и ягодах — М.: Харвест, 2002. — 232 с.
3. Черноплодная рябина / [Электронный ресурс] — 2010-2019. — Режим доступа : / <https://edaplus.info/produce/chokeberry.html>. — Дата доступа : 12.12.2018.
4. СТБ 1666-2006 Мука пшеничная. Технические условия. — Мн.: Госстандарт, 2011. — 13 с.
5. Ауэрман, Л.Я. Технология хлебопекарного производства. 9-е изд. испр. и доп. / Л.Я. Ауэрман. — СПб.: Профессия, 2005. — 415 с.
6. Вакар, А.Б. Клейковина пшеницы / А.Б. Вакар. — М.: Издательство академии наук СССР, 1961. — 253 с.
7. Кошак, Ж.В. Химический состав пищевых порошков черноплодной и красной рябины / Ж.В. Кошак, А.В. Покрашинская // Современные технологии сельскохозяйственного производства / Материалы XVIII Международной научно-практической конференции, 15 мая 2015 г. — Гродно: ГГАУ, 2015. — С. 263–265.
8. Кошак, Ж.В. Повышение пищевой ценности макаронных изделий с помощью порошков плодов и ягод / Ж.В. Кошак, А.В. Покрашинская // Пищевые технологии — 2013: материалы IX международной научно-практической конференции, 28–29 сентября 2013. — г. Одесса, 2013. — С. 179–184.
9. Покрашинская, А.В. Макароны изделия с порошком аронии / А.В. Покрашинская, Ж.В. Кошак, Е.Л. Волынская // Техника и технология пищевых производств / Материалы XII Международной научно-практической конференции, 19–20 апреля 2018 г. — Могилев, 2018. — С. 253–254.
10. Медведев, Г.М. Технология макаронного производства / Г.М. Медведев. — М.: Колос, 2000. — 270 с.
11. Казеннова, Н.К. Формирование качества макаронных изделий: монография / Н.К. Казеннова, Д.В. Шнейдер, Т.Б. Цыганова. — М.: ДеЛипринт, 2009. — 99 с.
12. Назаров, Н.И. Технология макаронных изделий / Н.И. Назаров. — М.: Пищевая промышленность, 1978. — 288 с.
13. Осипова, Г.А. Технология макаронного производства / учебное пособие для вузов / Г.А. Осипова. — Орел: Орел ГТУ — 2009. — 153 с.

14. Кошак, Ж.В. Моделирование и оптимизация технологических процессов зерноперерабатывающей и хлебопекарной промышленности / Кошак Ж.В., Кошак А.Э. — Мн.: ИВЦ Минфина, 2015. — 152 с.
15. Красовский, Г.И. Планирование эксперимента / Г.И. Красовский, Г.Ф. Филаретов. — Мн.: Изд-во БГУ, 1982. — 302 с.
16. Гинзбург, А.С. Основы теории и техники сушки пищевых продуктов / А.С. Гинзбург. — М.: Пищевая промышленность, 1973. — 359 с.
17. Калошина, Е.Н. Влияние различных методов термической обработки на качество макаронных изделий / Е.Н. Калошина, Э.А. Демченкова, Г.В. Дивцивадзе. — М.: Сб. научн. трудов ЗИСТ каф. Товароведение пищевых продуктов, 1973. — С. 256–260.
18. Таранов, И.Т. Конвективные многостадийные режимы сушка макарон в плоских кассетах / И.Т. Таранов // Харчова Промисловість. — 1973. — №2. — С.42–46.
19. Осипова, Г.А. Анализ сушки нетрадиционных макаронных изделий / Г.А. Осипова // Хлебопродукты. — 2011. — №3. — С. 47–49.
20. Сушка пищевых продуктов [Электронный ресурс] / Режим доступа : <http://www.prosushka.ru/44-osobennosti-mikrovolnovoj-sushki.html>. — Дата доступа: 20.05.2014.
21. Кошак, Ж.В. Исследование влияния СВЧ — обработки на качество макаронных изделий / Ж.В. Кошак, А.В. Покрашинская // Новітні тенденції у харчових технологіях та якість і безпечність продуктів: збірник матеріалів VII Всеукраїнської наук.-практ. конф., 16–17 квітня 2015, м. Львів.: Міністерство освіти і науки України, Львівський інститут економіки і туризму, 2015. — С. 77–80.
22. СТБ 1666-2006 Изделия макаронные. Общие технические условия. — Мн.: Госстандарт, 2010. — 28 с.
23. Кошак, Ж.В. Прочность макаронных изделий с порошком аронии / Ж.В. Кошак, А.В. Покрашинская // Инновационные технологии в пищевой промышленности / Материалы XVI Международной научно-практической конференции, 5–6 октября 2017 г. — Минск, 2017. — С. 129–131.
24. Установка для определения прочности макаронного изделия: патент на изобретение № 21224 Республики Беларусь, МПК G 01 N 33 / 02, G 01 N 33 / 10 / Ж.В. Кошак, А.Э. Кошак, А.В. Покрашинская, А.И. Ермаков, И.П. Саросек; заявитель УО «Гродненский государственный аграрный университет»; № а 20131143 заявл. 03.10.2013 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. — 2017. — № 4. — С. 108–109.
25. ТУ ВУ 500134647.012-2018 Изделия макаронные с пищевой добавкой «Арония». Введены 29.12.2018. — Гродно, ГГАУ. — 19 с.

### References

1. Shkol'nik Y.U. Rasteniya. Polnaya entsiklopediya [*Plants. Full encyclopedia*]. Moscow, Eksmo, 2007, 257 p. (in Russian).
2. Bol'shaya kniga o plodakh i yagodakh [*Big book on fruits and berries*]. Moscow, Kharvest, 2002, 232 p. (in Russian).
3. Chernoplodnaya ryabina [*Chokeberry*]. Available at: <https://edaplus.info/produce/chokeberry.html/> (accessed 12 December 2018) (in Russian).
4. СТБ 1666-2006. Muka pshenichnaya. Tekhnicheskije usloviya [*standard of Belarus 1666-2006. Wheat flour. Technical conditions*]. Minsk: State Standard, 2011. 13 p. (in Russian).
5. Auerman L.YA. Tekhnologiya khlebopekarnogo proizvodstva [*Technology of bakery production*]. St. Petersburg, Professiya, 2005, 415 p. (in Russian).
6. Vakar A.B. Kleykovina pshenitsy [*Wheat gluten*]. Moscow Publishing House of the Academy of Sciences of the USSR, 1961, 253 p. (in Russian).
7. Koshak ZH.V., Pokrashinskaya A.V. Khimicheskij sostav pishchevykh poroshkov chernoplodnoy i krasnoy ryabiny [*The chemical composition of food powders black and red rowan*]. Sovremennyye tekhnologii sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva / Materialy XVIII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii [*Modern technologies of agricultural production / Materials of the XVIII International Scientific and Practical Conference*]. Grodno, 2015, pp. 263–265 (in Russian).
8. Koshak ZH.V., Pokrashinskaya A.V. Povysheniye pishchevoy tsennosti makaronnykh izdeliy s pomoshch'yu poroshkov plodov i yagod [*Increasing the nutritional value of pasta using fruit powders and berries*]. Pishchevye tekhnologii — 2013: materialy IX mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii [*Food Technologies — 2013: Proceedings of the IX International Scientific and Practical Conference*]. Odessa, 2013, pp. 179–184 (in Russian).
9. Pokrashinskaya A.V., Koshak ZH.V., Volynskaya Ye.L. Makaronnyye izdeliya s poroshkom aronii [*Pasta with chokeberry powder*]. Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv / Materialy XII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii [*Technique and technology of food production / Proceedings of the XII International Scientific and Practical Conference*]. Mogilev, 2018, pp. 253–254 (in Russian).

10. Medvedev G.M. Tekhnologiya makaronnogo proizvodstva [*Technology of macaroni production*]. Moscow, Kolos, 2000, 270 p. (in Russian).
11. Kazennova N.K., Shneyder D.V., Tsyganova T.B. Formirovaniye kachestva makaronnykh izdeliy: monografiya [*Formation of the quality of pasta: monograph*]. Moscow, DeLiprint, 2009, 99 p. (in Russian).
12. Nazarov N.I. Tekhnologiya makaronnykh izdeliy [*Technology pasta*]. Moscow, Food industry, 1978, 288 p. (in Russian).
13. Osipova G.A. Tekhnologiya makaronnogo proizvodstva [*Technology of macaroni production*]. Orel, GTU, 2009, 153 p. (in Russian).
14. Koshak ZH.V., Koshak A.E. Modelirovaniye i optimizatsiya tekhnologicheskikh protsessov zernoperera batyvayushchey i khlebopekarnoy promyshlennosti [*Modeling and optimization of technological processes of the grain processing and baking industry*]. Minsk: ITC of the Ministry of Finance, 2015, 152 p. (in Russian).
15. Krasovskiy G.I., Filaretov G.F. Planirovaniye eksperimenta [*Planning experiment*]. — Minsk: BSU Publishing House, 1982, 302 p. (in Russian).
16. Ginzburg A.S. Osnovy teorii i tekhniki sushki pishchevykh produktov [*Fundamentals of the theory and technology of drying food*]. Moscow, Food industry, 1973, 359 p. (in Russian).
17. Kaloshina Ye.N., Demchenkova E.A., Divtsivadze G.V. Vliyaniye razlichnykh metodov termicheskoy obrabotki na kachestvo makaronnykh izdeliy [*The influence of various heat treatment methods on the quality of pasta*]. Moscow, Sat. scientific Works ZIST Kaf. Food Merchandising, 1973, pp. 256–260 (in Russian).
18. Taranov I.T. Konvektivnyye mnogostadiynnye rezhimy sushka makaron v ploskikh kassetakh [*Convective multi-stage drying of pasta in flat cassettes*]. Kharchova Promislovist' [*Food industry*], 1973, № 2, pp. 42–46 (in Russian).
19. Osipova G.A. Analiz sushki netraditsionnykh makaronnykh izdeliy [*Analysis of drying non-traditional pasta*]. Khleboprodukty [*Bakery products*], 2011, № 3, pp. 47–49 (in Russian).
20. Sushka pishchevykh produktov [*Food Drying*]. Available at: <http://www.prosushka.ru/44-osobennosti-mikrovolnoy-sushki.html/> (accessed 20 May 2014) (in Russian).
21. Koshak ZH.V., Pokrashinskaya A.V. Issledovaniye vliyaniya SVCH — obrabotki na kachestvo makaronnykh izdeliy [*Study of the effect of microwave processing on the quality of pasta*]. Novitni tendentsii u kharchovikh tekhnologiyakh ta yaknist' n bezpechnist' produktiv: zbirknik materialiv VII Vseukrains'kon nauk.-prakt. konf., [New trends in harvested technologies and perceptions and safety of products: the laborer of materials of the VIIth All-Ukrainian Academy of Sciences]. Lviv, 2015, pp.77–80 (in Ukraine).
22. STB 1963–2009. Izdeliya makaronnyye. Obshchiye tekhnicheskiye usloviya [*standard of Belarus 1963–2009. Pasta. General technical conditions*]. Minsk, State Standard, 2010. 28 p. (in Russian).
23. Koshak ZH.V., Pokrashinskaya A.V. Prochnost' makaronnykh izdeliy s poroshkom aronii [*The strength of pasta with chokeberry powder*]. Innovatsionnyye tekhnologii v pishchevoy promyshlennosti / Materialy XVI Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii [*Innovative technologies in the food industry / Proceedings of the XVI International Scientific and Practical Conference*]. Minsk, 2017, pp. 129–131 (in Russian).
24. Koshak ZH.V., Koshak A.E., Pokrashinskaya A.V., Yermakov A.I., Sarosek I.P. Ustanovka dlya opredeleniya prochnosti makaronnogo izdeliya [*Installation for determining the strength of pasta*]. Patent of Belarus, № a 20131143, 2017 (in Russian).
25. TU BY 500134647.012-2018. Izdeliya makaronnyye s pishchevoy dobavkoy «Aroniya». [TU BY 500134647.012-2018. Pasta with food supplement “Aronia”]. Grodno, GGAU. 19 p. (in Russian).

#### Информация об авторах

*Кошак Жанна Викторовна* — кандидат технических наук, доцент, заведующая лабораторией кормов РУП «Институт рыбного хозяйства», НАН Беларуси (ул. Стебенева, 22, 220024, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: Koshak.zn@gmail.com.

*Покрашинская Алла Владимировна* — старший преподаватель кафедры технологии хранения и переработки растительного сырья учреждения образования «Гродненский государственный аграрный университет» (ул. Терешковой, 28, 230008, г. Гродно, Республика Беларусь). E-mail: pokrashinskaya@gmail.com.

#### Information about authors

*Koshak Zhanna V.* — candidate of technical sciences, associate professor, head of the feed laboratory of the RUE «Institute for Fish Industry», National Academy of Sciences of Belarus (22 Stebeneva st., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: Koshak.zn@gmail.com.

*Pokrashinskaya Alla V.* — Senior Lecturer, Department of Technology of Storage and Processing of Vegetable Raw Materials, Grodno State Agrarian University (28 Tereshkovoï st., 230008, Grodno, Republic of Belarus). E-mail: pokrashinskaya@gmail.com.

УДК 663.85+664.87

Поступила в редакцию 30.01.2020  
Received 30.01.2020**Ю.С. Усеня, М.И. Гарлинская, А.В. Садовская, Л.В. Филатова, В.Л. Рослик***РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси  
по продовольствию», г. Минск, Республика Беларусь***ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВТОРИЧНЫХ ПРОДУКТОВ  
ПЕРЕРАБОТКИ МАСЛИЧНЫХ КУЛЬТУР ДЛЯ ОБОГАЩЕНИЯ  
ПИЩЕВЫХ КОНЦЕНТРАТОВ**

**Аннотация.** В настоящее время в Республике Беларусь особое внимание уделяется проблеме производства функциональных и специализированных продуктов питания. В данной работе проведены комплексные исследования по выявлению возможности использования побочных продуктов переработки масличных культур (расторопша пятнистая, тыква, лен, подсолнечник) с высокой пищевой ценностью в качестве натуральных обогащающих добавок растительного происхождения при создании белоксодержащих функциональных продуктов гепатопротекторного действия для питания спортсменов, людей, имеющих заболевания органов пищеварения (желудка, желчного пузыря, печени) и др.

**Ключевые слова:** белоксодержащие функциональные и специализированные продукты питания, жмых, гепатопротекторное действие, пищевые концентраты

**Y.S. Usenia, M.I. Garlinskaya, A.V. Sadoyskaya, L.V. Filatova, V.L. Roslik***RUE «Scientific and Practical Center for Foodstuffs of the National  
Academy of Sciences of Belarus», Minsk, Republic of Belarus***PROSPECTS FOR THE USE OF SECONDARY PRODUCTS OF  
PROCESSING OF OIL CROPS FOR THE ENRICHMENT OF FOOD  
CONCENTRATE**

**Abstract.** Currently, in the Republic of Belarus special attention is paid to the problem of the production of functional and specialized food products. In this work, comprehensive studies have been carried out to identify the possibility of using by-products of oilseed processing (milk thistle, pumpkin, flax, sunflower) with high nutritional value as natural enriching additives of plant origin when creating protein-containing functional products of hepatoprotective action for nutrition of athletes, people with organ diseases digestion (stomach, gall bladder, liver), etc.

**Keywords:** protein-containing functional and specialized foods, oilcake, hepatoprotective effect, food concentrate

В последние годы на мировом рынке стремительно возрос спрос на масличное сырье, что приводит к увеличению объемов производства масличных культур. В условиях умеренного климата Республики Беларусь выращивают в основном такие масличные культуры, как рапс и подсолнечник, которые являются основным сырьем для масложировой промышленности страны, а также лен, расторопшу пятнистую, тыкву.

Ценными вторичными сырьевыми ресурсами являются жмыхи тыквы, льна, подсолнечника, образующиеся при производстве соответствующих масел методом холодного прессования.

Подсолнечный жмых, благодаря большому содержанию жиров и протеинов, обладает высокой энергетической ценностью. В его состав входит около 30–40 % протеинов, до 9,4 % масел и до 20 % клетчатки. Масло содержит полиненасыщенные жирные кислоты, токоферол, фосфолипиды, что объясняет положительное воздействие жмыха на развитие и продуктивность животных [1–4].

Тыквенный жмых — продукт переработки тыквенных семян при получении тыквенного масла. После холодного отжима в тыквенном жмыхе остается основная часть питательных веществ, витаминов и микроэлементов, биологически активных веществ, содержащихся в семечке, и до 10 %

тыквенного масла. Тыквенный жмых является не только ценной протеиновой добавкой (содержит до 45 % сырого протеина), но и средством, стимулирующим пищеварение и способствующим нормализации работы желудочно-кишечного тракта благодаря содержанию в своем составе значительной доли клетчатки (20 %) и масла [1, 5, 6].

Льняной жмых обладает высокими диетическими свойствами и уже используется как биологически активная добавка к пище. Он имеет высокую энергетическую ценность (в 1 кг жмыха содержится 1,27 кормовых единиц и 287 г переваримого протеина), а так же богатый состав микроэлементов и витаминов. Протеин льняного жмыха отличается высокой усвояемостью и сбалансированным аминокислотным составом [1, 5, 6].

В настоящее время наблюдается рост числа экспериментальных и клинических исследований, связанных с открытием новых свойств препаратов на основе семян расторопши пятнистой, применяемых в медицине в качестве гепатопротекторов. Гепатопротекторное действие препаратов расторопши обеспечивается несколькими механизмами, из которых наиболее важными являются антиоксидантные свойства и способность повышать регенерацию клеток печени [1, 7, 8].

В 60-х годах прошлого столетия была установлена химическая структура основных действующих компонентов расторопши, известных под названием «салимарин», которая представляет собой стандартизированный экстракт, полученный из плодов расторопши пятнистой и содержащий примерно 70–80 % флавонолигнанов, среди которых главным и наиболее активным компонентом является силибин (силибинин). Это вещество обладает противовоспалительными, иммуномодулирующими свойствами, оказывает терапевтическое воздействие при аллергических воспалениях дыхательных путей, обладает выраженными радиопротективными свойствами, оказывает профилактическое и терапевтическое воздействие при болезни Альцгеймера [9].

**Целью** данного исследования является установление возможности использования отечественных продуктов переработки масличных культур (жмыхов расторопши пятнистой, белого и коричневого льна, подсолнечника, тыквы, композитной смеси жмыхов расторопши пятнистой и белого льна) в качестве физиологически-эффективных пищевых добавок при производстве полуфабрикатов мучных изделий.

**Методология исследования.** В качестве объектов исследований использовали жмыхи тыквы, белого и коричневого льна, подсолнечника, расторопши пятнистой, произрастающие на территории Республики Беларусь. Отбор проб и проведение испытаний качества готовых изделий осуществляли по ГОСТ 15113.0-77 «Концентраты пищевые. Правила приемки, отбор и подготовка проб»; ГОСТ 15113.1-77 «Концентраты пищевые. Методы определения качества упаковки, массы нетто, объемной массы, массовой доли отдельных компонентов, размера отдельных видов продукта и крупности помола»; ГОСТ 15113.3-77 «Концентраты пищевые. Методы определения органолептических показателей, готовности концентратов к употреблению и оценки дисперсности суспензии».

Исследование по определению наличия флаволигнана силибина в жмыхе расторопши пятнистой проводили методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ).

В качестве стандартного вещества использовали силибинин (CAS Num. 22888-70-6) чистотой 98,8. Готовили основной раствор концентрацией 100 мкг/см<sup>3</sup>. Затем готовили рабочие градуировочные растворы в метаноле — MS концентрацией 1, 2, 4, 8, 10 мкг/см<sup>3</sup>. Каждый градуировочный раствор инжестировали дважды и строили калибровочную зависимость концентрации раствора от площади пика (рис. 1).

Для проведения измерений использовали высокоэффективный жидкостной хроматограф Acella с диодно-матричным и масс-селективным детекторами; колонку ВЭЖХ Agilent C18 250 x 4,6 мм. Температура колонки — 30 °С, объем инъекции — 10 мкл. Проводили градиентное элюирование (А-0,5 % муравьиной кислоты, В-метанол-MS) скоростью потока 200 мкл/мин. Детектировали на длине волны  $\lambda = 288$  нм и по молекулярному иону 483(M+H(+)).

**Результаты исследования.** Проведены исследования по органолептическим показателям качества исследуемых образцов жмыхов. Результаты исследований представлены в табл. 1, а на рис. 2 показан внешний вид образцов, где: образец № 1 — жмых коричневого льна; образец № 2 — жмых белого льна; образец № 3 — жмых расторопши пятнистой; образец № 4 — смесь жмыхов расторопши пятнистой и белого льна в соотношении 1:1; образец № 5 — жмых тыквенный; образец № 6 — жмых подсолнечника.

Проведены исследования по установлению пищевой ценности, витаминно-минерального и аминокислотного составов отечественных продуктов переработки масличных культур — жмыхов подсолнечника, белого и коричневого льна, расторопши пятнистой, тыквенного. На рис. 3 представлены результаты исследований содержания белка в составе жмыхов, где образец № 1 — жмых коричневого льна; образец № 2 — жмых белого льна; образец № 3 — жмых расторопши пятнистой; образец № 4 — смесь жмыхов расторопши пятнистой и белого льна в соотношении 1:1; образец № 5 — жмых подсолнечника; образец № 6 — жмых тыквенный.

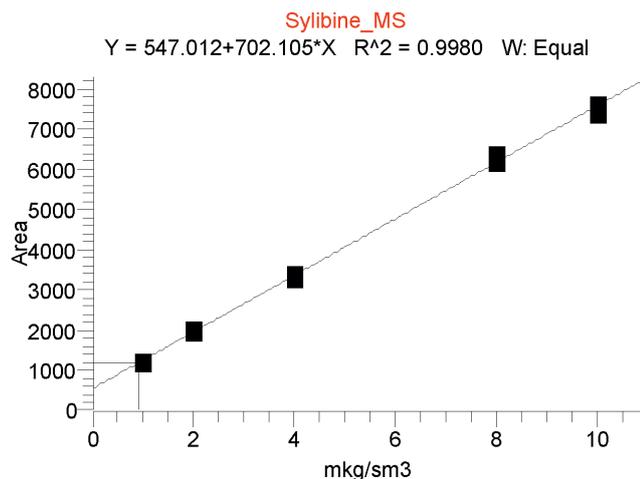


Рис. 1. Калибровочная кривая определения силибинина  
 Fig. 1. Calibration curve for the determination of silibinin

Таблица 1. Органолептические показатели качества исследуемых образцов жмыхов  
 Table 1. Organoleptic indicators of the quality of the test subjects samples of oil cakes

Наименование показателей	Образец № 1	Образец № 2	Образец № 3	Образец № 4	Образец № 5	Образец № 6
Внешний вид и цвет	Порошок темно-коричневого цвета	Порошок светло-коричневого цвета	Порошок коричневого цвета с желтоватым оттенком	Порошок светло-коричневого цвета с желтоватым оттенком	Порошок желто-зеленого цвета	Порошок серого цвета
Запах	Свойственный применяемому сырью без постороннего запаха (затхлости, плесени, горелости и т.д.)					
Вкус	Свойственный применяемому сырью					



Рис. 2. Внешний вид образцов исследуемых жмыхов  
 Fig. 2. Appearance of samples of the studied oilcakes

В результате анализа полученных данных выявлено, что исследуемые образцы жмыхов в своем составе имеют высокую белковую составляющую. Наибольшее содержание белка определено в образцах № 6, № 2, № 1 и № 5 (жмыхи тыквенный, белого и коричневого льна, подсолнечника — 53,8 %, 38,5 %, 36,2 % и 35,4 % соответственно).

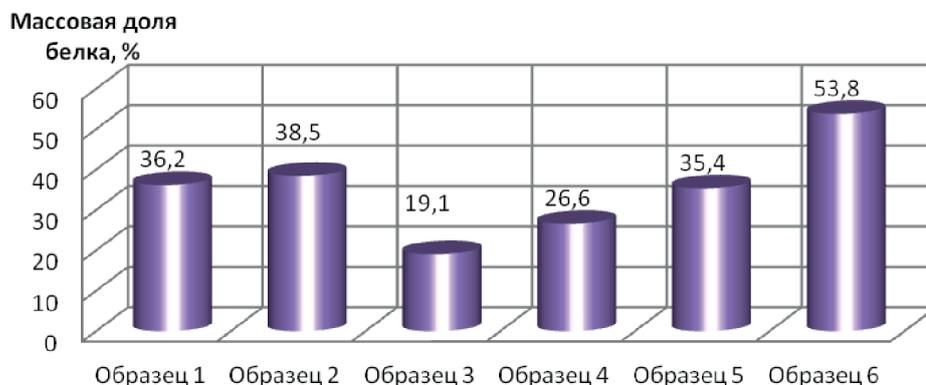


Рис. 3. Содержание белка в исследуемых образцах жмыхов  
Fig. 3. Protein content in the studied samples of oilcake

На рис. 4 приведены результаты исследования показателей пищевой ценности образцов жмыхов, где образец № 1 — жмых коричневого льна; образец № 2 — жмых белого льна; образец № 3 — жмых расторопши пятнистой; образец № 4 — смесь жмыхов расторопши пятнистой и белого льна в соотношении 1 : 1.

Установлено, что исследуемые образцы жмыхов имеют высокую пищевую ценность, богатый микроэлементный и аминокислотный состав: в 100 г жмыхов содержится от 10,7 до 31,3 г пищевых волокон, от 8,9 до 9,1 г жира, от 26,6 до 60,3 г углеводов.

Образцы с льняным жмыхом содержат омега-3 полиненасыщенные жирные кислоты (ПНЖК) от 22,6 до 30,2 % массовой доли жирных кислот, а также высокое количество витамина Е.

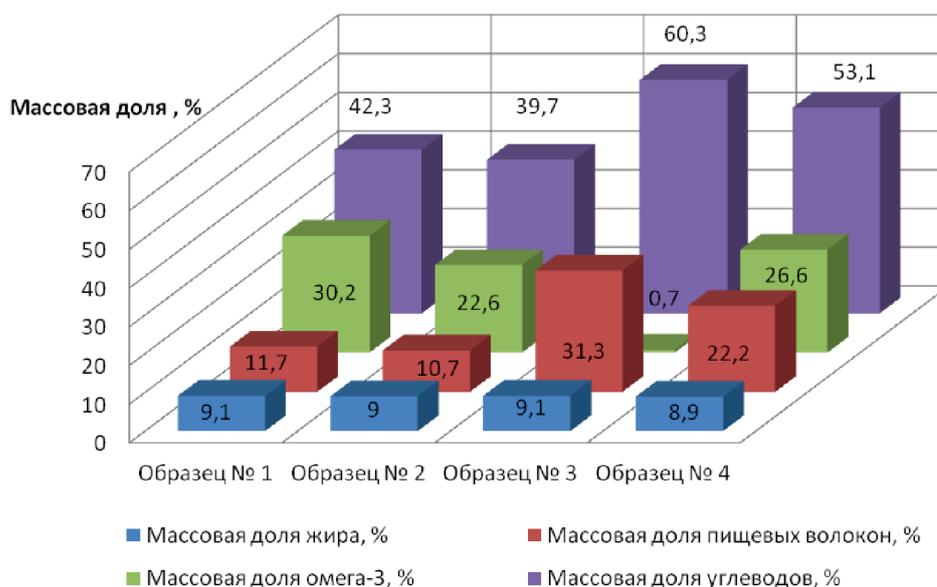


Рис. 4. Пищевая ценность образцов жмыхов  
Fig. 4. Nutritional value of oilcake samples

Все исследуемые образцы жмыхов содержат значительное количество витаминов группы В: витамина В<sub>1</sub> — до 0,297 мг/100 г, витамина В<sub>2</sub> — до 0,08 мг/100 г, витамина В<sub>6</sub> — до 0,21 мг/100 г. Минеральный состав исследуемых образцов жмыхов включает: кальций — до 10040 мг/кг, магний — до

3220 мг/кг, фосфор — до 8060 мг/кг, калий — до 11800 мг/кг, марганец — до 55 мг/кг, железо — до 99 мг/кг, медь — до 28 мг/кг и цинк — до 94 мг/кг.

Питательная ценность белков содержащихся в жмыхах зависит от их аминокислотного состава. На рис. 5 представлен аминокислотный состав белка исследуемых образцов жмыхов.

**Массовая доля  
аминокислот,  
мг/100 г**

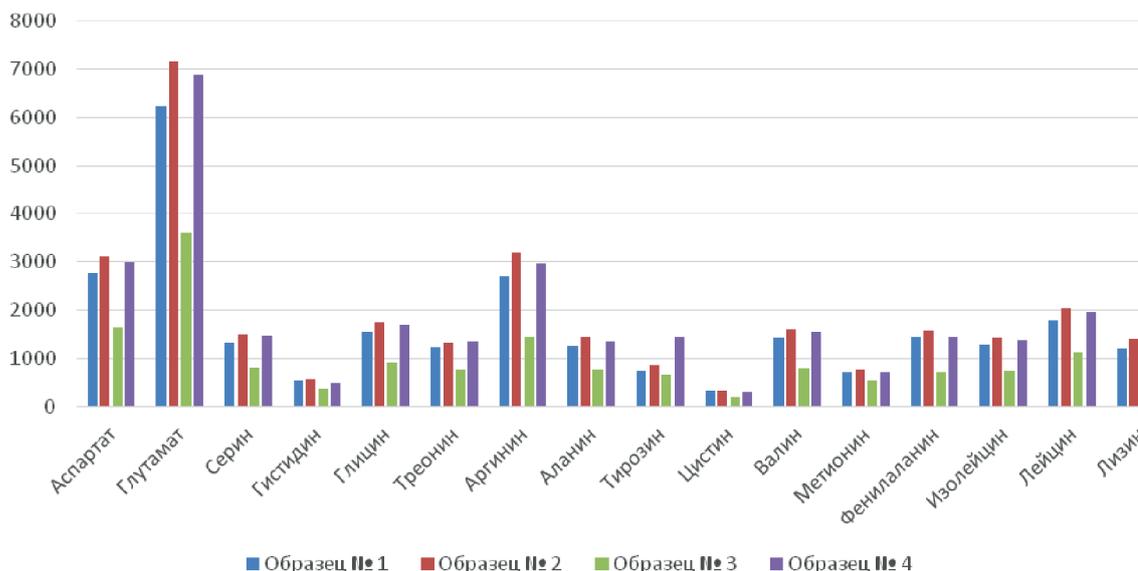


Рис. 5. Аминокислотный состав белка образцов жмыхов  
Fig. 5. Amino acid composition of the protein of oilcake samples

Анализ аминокислотного состава исследуемых образцов жмыхов показал, что данные образцы включают 7 из 8-ми незаменимых аминокислот: валин, изолейцин, лейцин, лизин, метионин, треонин, фенилаланин.

Проведены исследования по установлению значения флавонолигнана силибина в жмыхе расторопши пятнистой.

На рис. 6 представлена хроматограмма образца жмыха расторопши пятнистой.

В результате проведенных исследований по определению наличия в жмыхе расторопши пятнистой флаволигнана силибина (силибинина), отвечающего за гепатопротекторное действие, установлено, что массовая доля флаволигнанов в пересчете на силимарин в абсолютном сухом веществе в образце жмыха расторопши пятнистой составляет 3,8 %. При этом массовая доля силибинина составила 258,11 мг/100 г.

Установлено, что введение в состав продукта жмыха расторопши пятнистой в дозировке 12 % позволит обеспечить адекватный уровень потребления силибина в сутки, а в дозировке 5 % — практически половину адекватного уровня потребления силибина в сутки.

**Закключение.** Проведены исследования органолептических и физико-химических показателей, а также пищевой ценности и химического состава продуктов переработки масличных культур (жмыхов расторопши пятнистой, белого и коричневого льна, подсолнечника, тыквы, композитной смеси жмыхов расторопши пятнистой и белого льна). Установлено, что все исследуемые образцы жмыхов имеют высокую пищевую ценность, богатый микроэлементный и аминокислотный состав, что позволяет рекомендовать их к использованию в качестве функциональных обогащающих добавок при производстве полуфабрикатов мучных изделий функционального назначения и позволит обогатить готовые продукты белком, а использование жмыха расторопши пятнистой придаст продукту гепатопротекторные свойства.

Применение побочных продуктов переработки масличных культур в качестве физиологически-эффективных пищевых добавок имеет как экономическое (использование отходов производства растительных масел), так и социальное (обеспечение населения продуктами питания с высокой пищевой ценностью) значение.

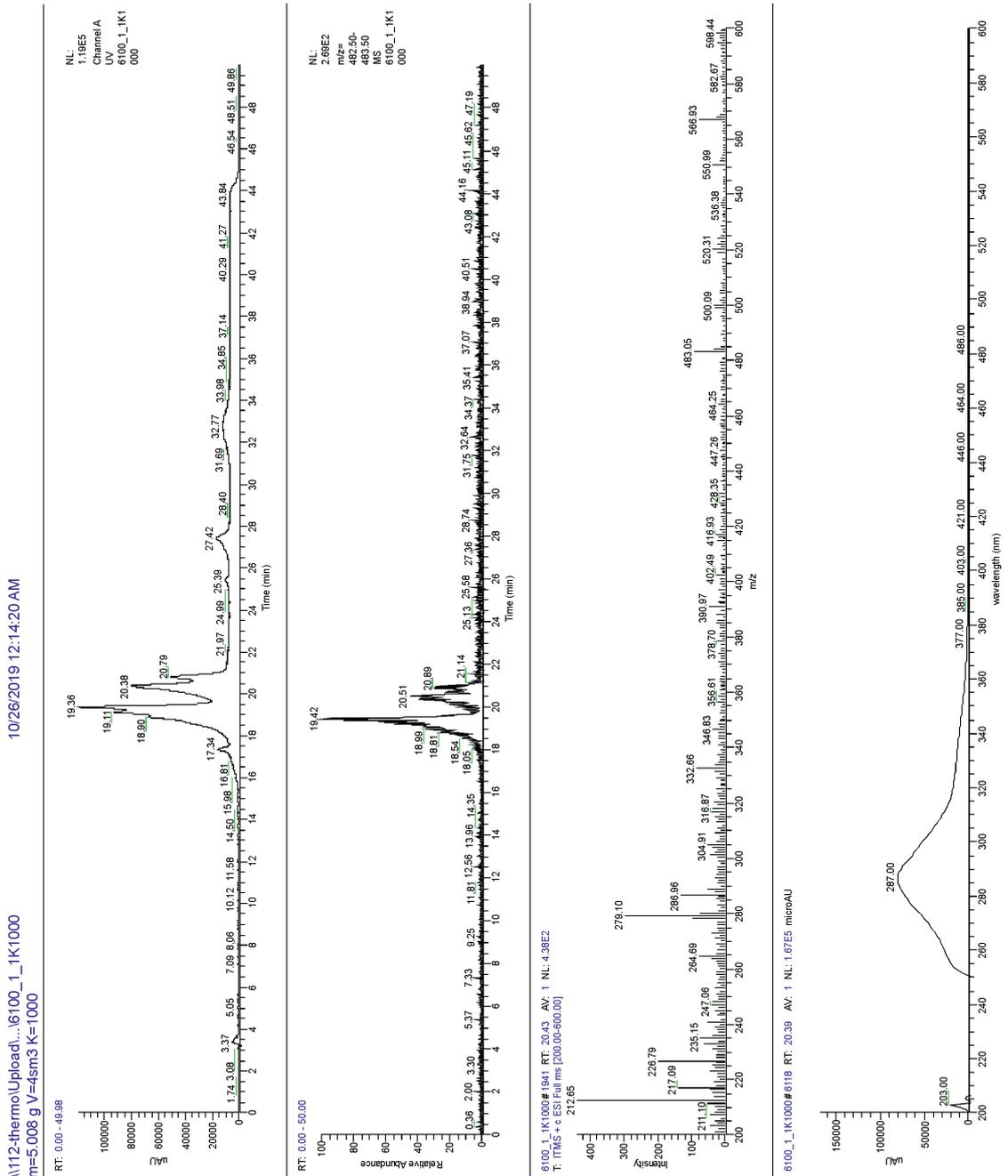


Рис. 6. Хроматограмма образца жмыха расторопши пятнистой  
Fig. 6. Chromatogram of a sample of milk Thistle oilcake

**Список использованных источников**

1. Проскурня, М.А. Биологические свойства пищевых волокон, полученных из жмыхов масличных культур сибирской коллекции / М.А. Проскурня, Л.В. Бурлакова, И.А. Лошкомойншов // *Аграрный вестник Урала*. — 2008. — № 4. — С. 48–50.
2. Степура, М.В. Влияние обработки белковых концентратов из семян подсолнечника раствором янтарной кислоты на их функциональные свойства / М.В. Степура, В.Г. Лобанов, В.Г. Щербаков // *Известия вузов. Пищевая технология*. — 2006. — № 2–3. — С. 71–72.
3. Шеколдина, Т.В. Математическое моделирование и разработка оптимальных режимов извлечения белковых веществ из подсолнечного шрота / Т.В. Шеколдина, П.И. Кудинов, Л.К. Бочкова, Г.Г. Сочиянц // *Известия вузов. Пищевая технология*. — 2010. — № 2–3. — С. 50–52.
4. Шеколдина, Т.В. Получение белкового изолята из подсолнечного шрота / Т.В. Шеколдина, Л.К. Бочкова, И.А. Чалова // *Известия вузов. Пищевая технология*. — 2008. — № 1. — С. 19–20.
5. Шувльвинская, И.В. Композиционные белковые добавки из семян масличных и бахчевых растений / И.В. Шувльвинская, О.А. Доля, О.В. Ширококорядова // *Известия вузов. Пищевая технология*. — 2007. — № 5. — С. 40–42.
6. Шмаков, П.Ф. Состав и питательность подсолнечного, льняного и рыжикового жмыхов, полученных из семян сортов сибирской селекции / П.Ф. Шмаков, Е.А. Чаунина, Е.И. Шабашева // *Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство*. — 2008. — № 7. — С. 66–72.
7. Пашенко, Л.П. Шрот расторопши пятнистой в хлебобулочных изделиях / Л.П. Пашенко, Т.В. Санина, В.Л. Пашенко и др. // *Современные наукоёмкие технологии*. — 2007. — № 7. — С. 15–19.
8. Пахомова, О.Н. Перспективность использования жмыхов и шротов масличных культур для повышения пищевой и биологической ценности продуктов питания / О.Н. Пахомова // *Альманах «Научные записки Орел ГИЭТ»*. — 2011. — № 1(4).
9. Kren, V. Silybin And Silymarin — new effects and applications / V. Kren, D. Walterova // *Biomed. Papers*. — 2005. — Vol. 149, № 1. — P. 29–41.
10. Требования к питанию населения: нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Республики Беларусь: Санитарные нормы и правила, утв. Постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 20.11.2012 № 180. — 20 с.

**References**

1. Proskurnya M.A., Burlakova L.V., Lokomoitv I.A. Biological properties of food fibers obtained from oilseed oil cakes from the Siberian collection. *Agrarian Bulletin of the Urals*, 2008, pp. 48–50 (in Russian).
2. Stepuro M.V., Lobanov V.G., Shcherbakov V.G. Effect of processing protein concentrates from sunflower seeds with succinic acid solution on their functional properties. *Proceedings of the universities. Food technology*, 2006, pp. 71–72 (in Russian).
3. Skaldina T.V., Kudinov P.I., Bochkova L.K., Socians G.G. Mathematical modeling and development of optimal modes for extracting protein substances from sunflower meal. *University News. Food technology*, 2010, № 2, pp. 50–52 (in Russian).
4. Schekoldina T.V., Bochkova L.K., Chalova I.A. Obtaining protein isolate from sunflower meal. *News of universities. Food technology*, 2008, pp. 19–20 (in Russian).
5. Shulvinskaya, I.V., Dolya O.A., Shirokoryadova O.V. Compositional protein supplements from oilseeds and melons. *University proceedings. Food technology*, 2007, № 5, pp. 40–42 (in Russian).
6. Shmakov P.F., Chaunina E.A., Shabashева E.I. The composition and nutritional value of sunflower, flaxseed and camelina oilcake obtained from seeds of varieties of Siberian selection. *Feeding of farm animals and feed production*, 2008, № 7, pp. 66–72 (in Russian).
7. Pashchenko L.P., Sanina T.V., Pashchenko V.L. Milk thistle meal in bakery products. *Modern high technology*, 2007, № 7, pp. 15–19 (in Russian).
8. Pakhomova O.N. The prospect of using oilcakes and oilseed meal to increase the nutritional and biological value of food products. *Almanac “Scientific notes of the Eagle GIET”*, 2011, № 1(4) (in Russian).
9. Kren V., Walterova D. Silybin And Silymarin — new effects and applications. *Biomed. Papers*, 2005, Vol. 149, № 1, pp. 29–41.

10. Nutritional requirements: physiological requirements for energy and nutrients for various population groups of the Republic of Belarus: Sanitary norms and rules, approved. Decree of the Ministry of Health of the Republic of Belarus dated November 20, 2012 № 180. — 20 p. (in Russian).

#### Информация об авторах

*Усеня Юлия Сергеевна* — кандидат технических наук, старший научный сотрудник — заместитель начальника 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: yulia1484@mail.ru.

*Садовская Анна Викторовна* — старший 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: Sadoyskaya@gmail.ru.

*Филатова Ленина Всеволодовна* — старший научный сотрудник отдела продукции из корнеклубнеплодов РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: potato@belproduct.com.

*Рослик Валентина Лолиевна* — заведующий лабораторией хроматографических исследований республиканского контрольно-испытательного комплекса РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: info@belproduct.com.

*Гарлинская Марина Игоревна* — аспирант, РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: minka2611@mail.ru.

#### Information about authors

*Usenya Julia S.* — Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher — Deputy Head of the Department of Technology of tuberous root products, RUE «Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Food» (29, Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: yulia1484@mail.ru.

*Sadouskaya Anna V.* — Ph.D. (Technical), senior researcher of the department of the technology of tuberous root products of RUE «Scientific-Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus» (29, Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: Sadoyskaya@gmail.ru.

*Filatova Lenina V.* — research fellow of the Department of Root Products The RUE «Scientific-Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus» (29, Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: potato@belproduct.com.

*Roslik Valentina L.* — Head of the Laboratory for Chromatographic Studies of the Republican Control and Testing Complex The RUE «Scientific-Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus» (29, Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus) E-mail: info@belproduct.com.

*Garlinskaya Marina I.* — Graduate student, The RUE «Scientific-Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus» (29, Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: minka2611@mail.ru.

УДК 546.212

Поступила в редакцию 10.02.2020  
Received 10.02.2020**З.В. Ловкис, А.А. Садовский, В.В. Шилов, Н.И. Белякова, А.А. Журня***РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси  
по продовольствию», г. Минск, Республика Беларусь***ИССЛЕДОВАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОСТИ ВОДЫ, ОБОГАЩЕННОЙ  
КИСЛОРОДОМ, В УСЛОВИЯХ КЛИНИКИ**

**Аннотация.** Особенностью химического состава воды, обогащенной кислородом, является содержание относительно большого количества растворенного кислорода, что выделяет данную продукцию из аналогичных. В этой связи актуальными являются исследования в области влияния дополнительного кислорода в воде на функциональное состояние организма при ее ежедневном употреблении. Применение современных методов диагностики позволило выявить изменения в работе систем человеческого организма обусловленные употреблением оксигенированной воды.

В статье представлены результаты исследований функционального состояния организма взрослых (20–40 лет) и детей (15–16 лет) при ежедневном употреблении воды, насыщенной кислородом. Установлено, что у взрослых отмечено улучшение энергетического обеспечения ряда органов и систем. В организме детей наблюдалось улучшение функционирования вегетативной нервной системы, а также регуляции ритмической активности сердца за счет усиления автономности работы синусного узла. Прием оксигенированной воды способствовал также увеличению физической выносливости детей, выражающейся в способности выполнять больше число физических упражнений за определенный период времени.

**Ключевые слова:** вода, оксигенация, кислород, функциональное состояние, клинические исследования

**Z.V. Lovkis, A.A. Sadovskiy, V.V. Shylau, N.I. Belyakova, A.A. Zhurnja***RUE «Scientific-Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus»,  
Minsk, Republic of Belarus***CLINICAL STUDY OF FUNCTIONALITY OF WATER SATURATED  
WITH OXYGEN**

**Abstract.** A feature of the chemical composition of oxygen-enriched water is the relatively high amount of dissolved oxygen in it, which distinguishes these products from similar ones. In this regard, studies in the field of the influence of additional oxygen in water on the functional state of the body during its daily use are relevant. The use of modern diagnostic methods of the human body made it possible to identify changes in the functioning of the human body systems due to the use of oxygenated water.

The article presents the results of developing a technology for the production of oxygenated water for children. The results of studies of the functional state of the body of adults (20–40 years) and children (15–16 years) with daily use of oxygenated water are presented. It was found that in adults an improvement in the energy supply of a number of organs and systems, in particular the spinal cord and the excretory system (bladder), was noted. In the body of children, an improvement in the functioning of the autonomic nervous system, as well as regulation of the rhythmic activity of the heart due to increased autonominasia of the sinus node, was observed. The intake of oxygenated water also contributed to an increase in children's physical endurance, expressed in the ability to perform more physical exercises over a certain period of time.

**Keywords:** water, oxygenation, oxygen, functional status, functional research

**Введение.** Мода на здоровый образ жизни является одним из основных факторов, стимулирующих развитие отечественного рынка полезных безалкогольных напитков. Увеличивается потребление более полезных для здоровья продуктов. Растет популярность низкокалорийных и диетических безалкогольных напитков, что связано в том числе и с обострением проблемы лишнего веса в Респуб-

лике Беларусь. В средствах массовой информации всё большее внимание уделяется «здоровым» продуктам питания, которые позволяют снизить вредные факторы жизни современного человека. В городской среде частым явлением становится недостаточное снабжение органов и тканей тела человека кислородом, что вызывает снижение жизненного тонуса человек, преждевременное старение человека и снижение его работоспособности.

Недостаток кислорода в организме можно восполнить самим кислородом. Он активно применяется в косметологии, курортном лечении. Получили распространение кислородные коктейли. Однако простейшим способом, которым можно доставить кислород без особых дополнительных условий в организм человека, является оксигенация, то есть насыщение кислородом питьевой воды. Преимущество этой воды перед обычной заключается в том, что она быстро передает клеткам кислород, не вызывая при этом резкой активации свободного радикального окисления. Организм человека чрезвычайно чувствителен к содержанию в нем кислорода, снижение содержания кислорода в крови всего на несколько процентов довольно быстро приводит к гибели вначале нервных, а затем и других клеток организма [1].

Анализ имеющейся на сегодняшний день информации из открытых источников показал, что дополнительный кислород оказывает благоприятное влияние на организм человека: не вызывает аллергических реакций, предотвращает гипоксию, способствует снижению веса, улучшает обмен веществ, замедляет процессы старения, является отличным антиоксидантным средством, связывая свободные радикалы, повышает выносливость, предотвращает снижение глюкозы в крови, положительно влияет на кровеносную систему, способствует очищению и восстановлению кожи, вследствие ускоренной регенерации [2].

Исследования показывают, что регулярное употребление оксигенированной воды способствует повышению жизненного тонуса, улучшению работы головного мозга, стимулирует восстановительные процессы после тяжелых физических и умственных нагрузок, снижает воздействие частых стрессовых ситуаций. Благодаря кислороду нормализуются содержание сахара в крови, сердечная деятельность и уровень артериального давления. Исходя из полученных данных, развитие рынка кислородсодержащей воды можно рассматривать как перспективное [3].

Известно, что растворенный кислород находится в природной воде. Туда он может попадать из атмосферы, посредством водной растительности в процессе фотосинтеза и с дождевыми и снеговыми водами, которые обычно пересыщены кислородом. На артезианские воды все эти факторы практически не оказывают воздействия и поэтому кислород в них отсутствует и оксигенация позволяет исправить этот недостаток.

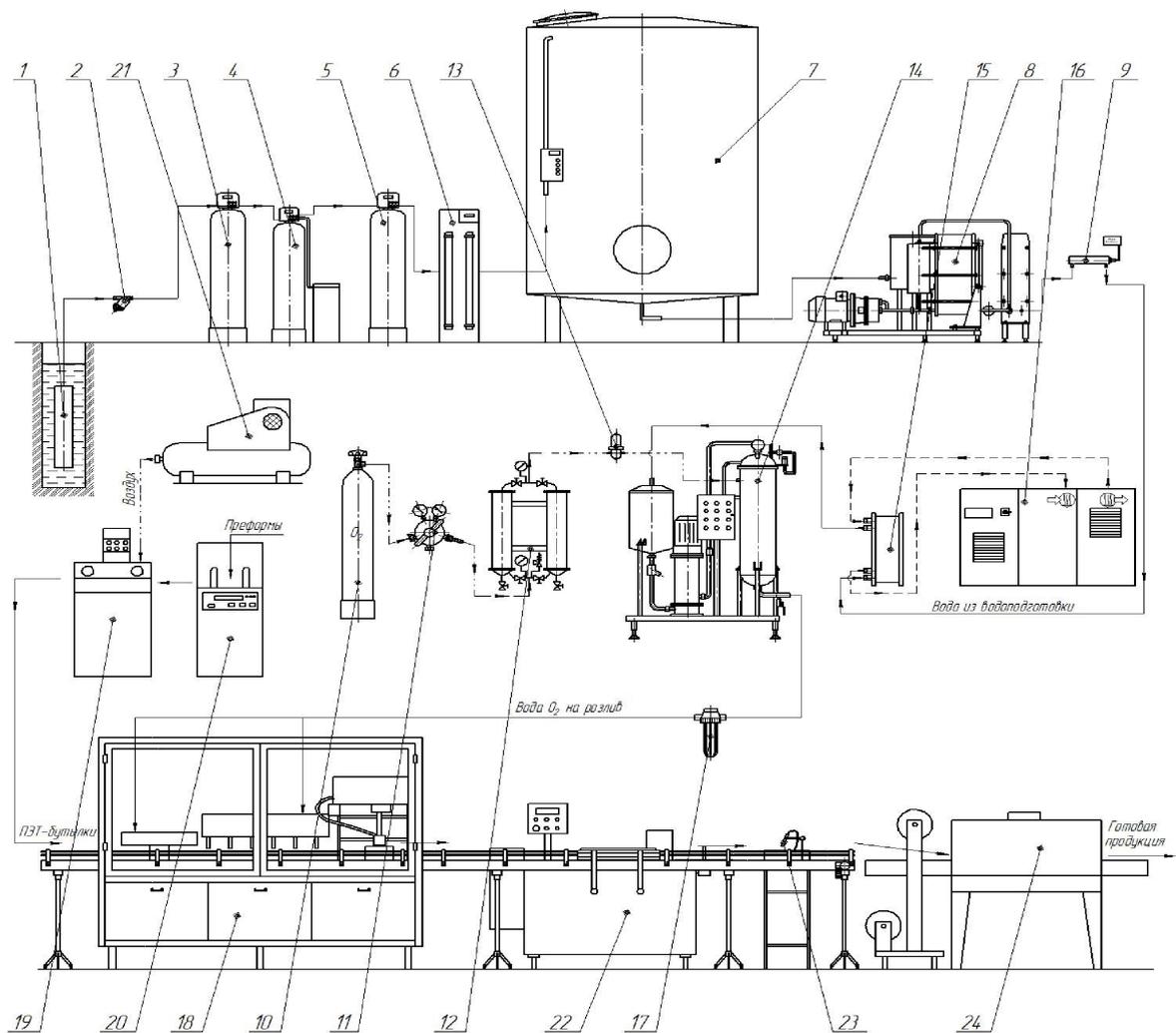
Специалистами РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси» разработана научно обоснованная технология производства воды, обогащенной кислородом, для детей, осуществлены исследования по установлению сохранности растворенного кислорода в воде питьевой для детского питания, обогащенной кислородом. Разработанная технологическая схема производства воды, обогащенной кислородом для детей представлена на рис.

Полученные результаты исследований позволили отработать технологические процессы производства питьевой воды для детей с кислородом. Разработана и утверждена необходимая техническая и технологическая документация на воду, обогащенную кислородом для детей (технические условия ТУ ВУ 190239501.945-2019, технологическая инструкция ТИ ВУ 190239501.4.655-2019, рецептура РЦ ВУ 190239501.4.655-2019). Были выработаны опытные партии воды, обогащенные кислородом, которые использовались для проведения исследований ее функциональности в условиях клиники.

**Объекты и методы исследования.** В исследовании приняло участие 12 взрослых добровольцев в возрасте 20–40 лет и 8 детей в возрасте 15–16 лет. У всех испытуемых отсутствовали хронические заболевания. Участники исследования употребляли оксигенированную питьевую воду в количестве 2 л в день (взрослые) или 1 л в день (дети) в течение 10 дней. У исследуемой группы взрослых добровольцев до и после употребления оксигенированной питьевой воды регистрировали функциональные показатели организма и показатели состава тела. У изучаемой группы детей до и после употребления оксигенированной воды регистрировали только функциональные показатели организма в спокойном состоянии и после физической нагрузки (максимальное количество приседаний за 30 сек).

Биоимпедансный анализ проводили на анализаторе состава тела и баланса водных секторов организма АВС-01 «Медасс», который позволяет оценить нутритивный статус пациента, провести диагностику ожирения и метаболического синдрома, оценить двигательную активность, выявить нарушения гидратации организма.

В ходе исследования изучались показатели, представленные в табл. 1.



**Рис.** Технологическая схема производства воды, обогащенной кислородом: 1 — глубинный насос; 2 — фильтр грубой механической очистки; 3 — установка обезжелезивания; 4 — водоочистительная установка для умягчения воды; 5 — водоочистительная установка для устранения цветности органической природы, органических примесей, хлора; 6 — установка ультрафильтрации; 7 — накопительно-расходная емкость; 8 — пастеризационно-охладительная установка; 9 — бактерицидная установка; 10 — баллон с кислородом; 11 — газовый редуктор; 12 — угольный фильтр; 13 — воздушный фильтр; 14 — сатуратор; 15 — теплообменник; 16 — холодильная установка; 17 — механический фильтр дополнительной очистки; 18 — триблок (ополаскивание, розлив, укупорка); 19 — полуавтомат выдува бутылок; 20 — печи; 21 — компрессор; 22 — этикетировочная машина; 23 — аппликатор для нанесения даты розлива; 24 — групповой упаковщик

**Fig.** The technological scheme of the production of oxygen-enriched water: 1 — pump; 2 — coarse filter; 3 — deferrization unit; 4 — water softener; 5 — water purification equipment to eliminate the color of organic nature, organic impurities, chlorine; 6 — ultrafiltration unit; 7 — storage capacity; 8 — pasteurization and cooling equipment; 9 — bactericidal equipment; 10 — oxygen cylinder; 11 — gas reducer; 12 — carbon filter; 13 — air filter; 14 — saturator; 15 — heat exchanger; 16 — refrigeration unit; 17 — mechanical filter for additional cleaning; 18 — triblock (rinse, pouring, capping); 19 — semiautomatic bottle blowing machine; 20 — furnace; 21 — compressor; 22 — labeling machine; 23 — filling date applicator; 24 — group packer

Оценку состояния здоровья организма исследуемых групп проводили с использованием программно-аппаратного диагностического комплекса «Омега-М». Данный комплекс предназначен для анализа биологических ритмов организма человека, выделяемых из электрокардиосигнала в широкой полосе частот и позволяет в режиме динамического наблюдения контролировать функциональное состояние организма и оценивать эффективность различных методов проведения лечебно-профилактических мероприятий.

Таблица 1. Показатели биоимпедансометрического исследования  
Table 1. Indicators of bioimpedance measurement

Показатели	Расшифровка
Индекс массы тела (ИМТ), у.е	Позволяет оценить степень соответствия массы человека и его роста и тем самым определяет является ли масса недостаточной, нормальной или избыточной
Жировая масса (ЖМ), кг	Величина избытка или дефицита жировой массы
Тощая масса (или безжировая масса тела) (ТМ), кг	Определяется как сумма общей воды организма и сухой массы тела без жира
Скелетно-мышечная масса (СММ), кг	Характеризует уровень развития скелетной мускулатуры
Доля скелетно-мышечной массы (ССМ доля), %	Процентное отношение скелетно-мышечной массы в тощей массе
Активная клеточная масса (АКМ), кг	Показатель, характеризующий деятельность тканей организма, имеющих метаболическую активность, т.е. ткани печени, нервная ткань, лёгочная ткань и др.
Доля активной клеточной массы (АКМ доля), %	Показатель двигательной активности и физической работоспособности организма
Основной обмен (ОБ), ккал	Минимальный уровень энергии, требуемый организму для нормальной жизнедеятельности в состоянии полного покоя (через 12 ч после приема пищи)
Удельный основной обмен (УОО), ккал/кв.м/сут	Определяет интенсивность метаболизма и рассчитывается как отношение основного обмена к площади поверхности тела
Общая жидкость (ОЖ), кг	Сумма клеточной и внеклеточной жидкостей
Внеклеточная жидкость (ВЖ), кг	Состоит из плазмы крови, интерстициальной жидкости, жидкости желудочного сока, мочи, жидких фракций содержимого кишечника
ИЖМ	индекс жировой массы (кг/кв.м)
ИАКМ	индекс активной клеточной массы (кг/кв.м)
ИСММ	индекс активной клеточной массы (кг/кв.м)
ММ	минеральная масса тела (кг)
МММТ	минеральная масса мягких тканей (кг)
ММКМ	минеральная масса костной ткани (кг/кв.м)
ММ доля в ТМ	доля минеральной массы в тощей массе (%)
ММКТ доля в ТМ	доля минеральной массы костной ткани в тощей массе (%)

Для получения данных производили запись ЭКГ в течение 4–5 мин (300 кардиоциклов). ЭКГ регистрировали в 1 стандартном отведении, при наложении электродов на область запястий, в положении лежа на кушетке. Для оценки функционального состояния организма учитывали данные показателей вегетативной регуляции, выраженные с помощью статистического, временного и спектрального анализа ритмов сердца, психофизического состояния методом фазового анализа и картирования биоритмов мозга и гармонизации биоритмов организма с определением информационного показателя иммунного статуса методом фрактального анализа. В ходе исследования изучали показатели, представленные в табл. 2.

Таблица 2. Показатели функционального состояния организма  
Table 2. Indicators of the functional state of the body

Показатели	Расшифровка
Индекс функционального состояния (ИФС), %	Комплексный показатель состояния организма, рассчитанный на основе показателей вегетативной, нейрогуморальной регуляции, психоэмоционального состояния и адаптационных возможностей
Адаптационные возможности организма (АВ), %	Определяет способность организма поддерживать устойчивое равновесие в изменяющихся условиях внешней/внутренней среды
Вегетативная регуляция организма (ВР), %	Характеризует состояние вегетативной нервной системы, которая отвечает за функционирование внутренних органов, желез внутренней и внешней секреции, кровеносных и лимфатических сосудов

Окончание табл. 2

Показатели	Расшифровка
Вегетативный баланс (ВВП), у.е.	Вегетативный показатель сердечного ритма
Индекс вегетативного равновесия (ИВР), у.е.	Соотношение симпатической и парасимпатической регуляции сердечной деятельности
Индекс напряженности ВНС (ИН), у.е.	Отражает степень централизации управления сердечным ритмом
Показатель адекватности процессов регуляции ВНС (ПАПР), у.е.	Отражает соответствие между уровнем функционирования синусового узла и симпатической активностью
Мощность спектра в дыхательном диапазоне (HF), мс <sup>2</sup> /Гц	Характеризуют преимущественную роль парасимпатического отдела вегетативной нервной системы в формировании колебаний в данном диапазоне частот
Мощность спектра в вегетативном диапазоне (LF), мс <sup>2</sup> /Гц	Служит показателем активности симпатического отдела вегетативной нервной системы
Мощность спектра в сосудистом диапазоне (VLF), мс <sup>2</sup> /Гц	Характеризует истощение регуляторных систем организма
Общая мощность частотного спектра (TP), мс <sup>2</sup> /Гц	Отражает суммарный эффект воздействия вегетативной нервной системы на сердечный ритм
Коэффициент вагосимпатического баланса (LF/HF), у.е.	Характеризует баланс влияния на сердце парасимпатического и симпатического отделов
Нейрогуморальная регуляция (НР), %	Осуществляет управление всеми процессами жизнедеятельности организма, обеспечивая его целостность, а также поддержание относительного постоянства внутренней среды (гомеостаза)
Матрица нейрогуморальной регуляции (МНР), %	Характеризует эффективность работы эндокринной системы и определяет, насколько оптимально организм использует свои энергетические и физиологические ресурсы
Энергетический баланс (ЭБ), у.е.	Отношение между периодами расходования и накопления физиологических ресурсов
Энергетическое обеспечение (ЭО), у.е.	Общий объем физиологических ресурсов организма
Уровень накопления энергии (УНЭ), %	Характеризует динамику анаболических процессов, происходящих в организме
Уровень расходования энергии (УРЭ), %	Характеризует динамику катаболических процессов, происходящих в организме
С, %	Энергетическое обеспечение прямо васкулярной системы сердца
IG, %	Энергетическое обеспечение прямо васкулярной системы тонкого кишечника
V, %	Энергетическое обеспечение прямо васкулярной системы мочевого пузыря
R, %	Энергетическое обеспечение прямо васкулярной системы почек
MC, %	Энергетическое обеспечение прямо васкулярной системы головного мозга
TR, %	Энергетическое обеспечение прямо васкулярной системы спинного мозга
VB, %	Энергетическое обеспечение прямо васкулярной системы желчного пузыря
F, %	Энергетическое обеспечение прямо васкулярной системы печени
P, %	Энергетическое обеспечение прямо васкулярной системы легких
GI, %	Энергетическое обеспечение прямо васкулярной системы толстого кишечника
E, %	Энергетическое обеспечение прямо васкулярной системы желудка
RP, %	Энергетическое обеспечение прямо васкулярной системы толстого желудка
Уст, %	Уровень стресса
Уб, %	Уровень бодрости
Ур, %	Уровень расслабленности
Усп, %	Уровень спокойствия
Уа, %	Уровень психической активности
Биологический возраст (БВ), лет	Интегральная оценка состояния организма, отражающая стадию биологического развития и соответствие среднестатистическим возрастным характеристикам

Статистическая обработка данных осуществлялась с использованием компьютерной программы «Statistica» (V.10.0). Анализ различий между исследуемыми группами проводился с использованием t-критерия Стьюдента, а также методами непараметрической статистики с использованием U-критерия Вилкоксона-Манна-Уитни. Достоверными признавались показатели при  $p < 0,05$ .

**Результаты исследования.** Оценка состава тела и состояния обменных процессов взрослых добровольцев показала, что дополнительный прием оксигенированной питьевой воды в объеме 2 л в день в течение 10 сут. существенно не изменял все исследуемые показатели, и в частности те из них, которые характеризуют водный обмен (табл. 3).

Количество общей жидкости (ОЖ), как суммы клеточной и внеклеточной жидкости (ВЖ), состоящей из плазмы крови, интерстициальной жидкости, жидкости желудочного сока, мочи, жидких фракций содержимого кишечника, не изменялось за весь период наблюдений, что говорит о том, что водный гомеостаз организма сохранялся, и не наблюдалось никаких изменений в гидратации тканей после дополнительного употребления 2 л литров воды в сут.

Таблица 3. Показатели состава тела ( $X \pm S_x$ ) взрослых добровольцев до и после 10 дней приема питьевой оксигенированной воды в количестве 2 л в сут.

Table 3. Body composition indices ( $X \pm S_x$ ) of adult volunteers before and after 10 days of drinking oxygenated water in an amount of 2 liters per day

Показатели	До приема воды	Через 10 дней после приема воды
Основной обмен	1487,9 ± 59,4	1484,9 ± 56,3
ИМТ	23,4 ± 1,1	23,4 ± 1,1
ЖМ	20,5 ± 2,3	19,7 ± 2,3
ТМ	48,3 ± 2,7	49,1 ± 2,6
АКМ	27,6 ± 1,8	27,5 ± 1,8
АКМ. доля	56,7 ± 1,03	55,7 ± 0,9
СММ	23,6 ± 1,7	24,2 ± 1,7
СММ. доля	48,2 ± 1,01	48,7 ± 1,0
Удельный ОО	825,1 ± 16,2	823,7 ± 14,7
ОЖ	35,4 ± 1,9	35,9 ± 1,9
ВЖ	14,4 ± 0,6	14,7 ± 0,7
ОТ/ОБ	0,8 ± 0,01	0,8 ± 0,01
ИЖМ	7,0 ± 0,9	6,8 ± 0,9
ИТМ	16,3 ± 0,5	16,6 ± 0,5
ИАКМ	9,3 ± 0,4	9,3 ± 0,4
ИСММ	7,9 ± 0,4	8,1 ± 0,3
ММ	2,6 ± 0,1	2,7 ± 0,1
МММТ	0,5 ± 0,02	0,5 ± 0,02
ММКТ	2,2 ± 0,09	2,2 ± 0,09
ММ доля в ТМ	5,5 ± 0,08	5,5 ± 0,08
МММТ доля	0,9 ± 0,002	0,9 ± 0,002
ММКТ. доля в ТМ	4,5 ± 0,08	4,5 ± 0,08

Анализ результатов исследования влияния приема оксигенированной воды на функциональные показатели организма изучаемой группы взрослых добровольцев свидетельствует о том, что значения индекса функционального состояния, который представляет собой квинтэссенцию всех физиологических показателей и служит условным математическим выражением «состояния здоровья пациента», как и показатели адаптационных возможностей организма, вегетативной и нейрогуморальной регуляции и состояния эндокринной системы не претерпевали существенных изменений (табл. 4).

Психоземональное состояние характеризует эмоциональное реагирование человека на воздействия стресса. Этот показатель определяют по спектру активности мозга, полученный путем регистрации ритмов сердца в диапазоне частот ритмов мозга. Анализ полученных в результате работы данных выявил определенные сдвиги в психоземональном состоянии исследуемой группы взрослых добровольцев, в частности имело место снижение уровня расслабленности (табл. 5).

Обнаруженные изменения, возможно, свидетельствуют о наличии определенной обеспокоенности у испытуемых по поводу реакции организма на прием совершенно незнакомого продукта. Несмотря на этот факт, интегральная оценка (ПЭС) психического и эмоционального состояния оставалась на прежнем уровне.

**Таблица 4. Функциональные показатели ( $X \pm S_x$ ) взрослых добровольцев до и после 10 дней приема оксигенированной питьевой воды в количестве 2 л в сут.**  
**Table 4. Functional indicators ( $X \pm S_x$ ) of adult volunteers before and after 10 days of receiving oxygenated drinking water in an amount of 2 liters per day**

Показатели	До приема воды	Через 10 дней после приема воды
ИФС	62,0 ± 7,1	61,7 ± 6,3
ВР	71,9 ± 8,2	67,4 ± 8,6
НР	55,2 ± 6,6	58,8 ± 6,6
АВ	64,7 ± 7,5	60,0 ± 6,1
ЧСС	68,7 ± 3,4	72,5 ± 3,2
ИВР	192,4 ± 61,8	217,0 ± 65,1
ВПр	0,3 ± 0,03	2,9 ± 2,6
ПАПР	41,0 ± 7,4	47,9 ± 7,4
ИН	125,2 ± 49,3	144,5 ± 48,2
VLF	781,2 ± 189,8	937,8 ± 143,9
LF	1050,0 ± 360,2	790,4 ± 179,0
HF	985,1 ± 266,6	787,6 ± 313,2
TP	2816,6 ± 654,9	2516,1 ± 587,0
LF/HF	1,3 ± 0,3	1,7 ± 0,5
VLF	32,8 ± 4,4	41,3 ± 3,1
LF	33,1 ± 4,1	31,8 ± 2,6
HF	36,6 ± 4,9	26,8 ± 3,6
МНР в норме	39,4 ± 12,9	37,4 ± 10,1
МНР с изменениями	43,3 ± 11,2	46,0 ± 8,9
МНР с нарушениями	17,3 ± 8,3	16,6 ± 8,7

Условные обозначения: различия достоверны при уровне значимости \* —  $p < 0,05$ .

**Таблица 5. Психоэмоциональная активность ( $X \pm S_x$ ) здоровых добровольцев до и после 10 дней приема оксигенированной питьевой воды в количестве 2 л в сут.**  
**Table 5. Psychoemotional activity ( $X \pm S_x$ ) of healthy volunteers before and after 10 days of receiving oxygenated drinking water in an amount of 2 liters per day**

Показатели	До приема воды	Через 10 дней после приема воды
ПЭС	56,5 ± 7,0	59,8 ± 5,1
Уст	46,5 ± 5,5	55,2 ± 4,3
Уб	17,0 ± 2,8	15,1 ± 2,4
Уа	9,9 ± 0,8	9,9 ± 1,7
Ур	15,8 ± 2,9	8,9 ± 1,1*
Усп	10,6 ± 1,8	10,0 ± 1,0

Условные обозначения: различия достоверны при уровне значимости \* —  $p < 0,05$ .

Хотя оксигенированная питьевая вода не изменяла интегральные показатели энергетического обмена, такие как энергетический баланс, уровень накопления и расхода энергии, у взрослых добровольцев были обнаружены определенные положительные сдвиги в энергетическом обмене ряда органов и систем (табл. 6).

Результаты исследования свидетельствуют об увеличении энергетического обеспечения мочевого пузыря и спинного мозга у группы взрослых добровольцев. Следует обратить внимание, что увеличение запасов энергии реализовывалось посредством достаточно тонкого механизма, а именно: при-мо васкулярной системы, снабжающей эти структуры человеческого организма [4].

Результаты исследований оксигенированной питьевой воды, проведенных на детях, показали, что употребление данной воды в объеме 1 л день приводило к улучшению функционирования вегетативной нервной системы (табл. 7). Это выражалось в достоверном увеличении значений показателя вегетативной регуляции (ВР), который характеризует состояние вегетативной нервной системы и отвечает за функционирование всех внутренних органов, желез внутренней и внешней секреции, кро-

веносных и лимфатических сосудов. Наблюдалось снижение активности симпатической нервной системы, отвечающей за процесс возбуждения, о чем свидетельствовало уменьшение индекса вегетативного равновесия (ИВР). Отмечено также улучшение вегетативного показателя сердечного ритма (ВПР) и показателя адекватности процессов регуляции ВНС (ПАПР), отражающего соответствие между уровнем функционирования синусового узла и симпатической активностью. Все эти сдвиги свидетельствуют о снижении влияния симпатической нервной системы, отвечающей за процесс возбуждения, на сердце и усилении автономизации функционирования синусового узла в генерации сердечного ритма.

**Таблица 6. Энергетическое обеспечение организма исследуемой группы взрослых до и после 10 дней приема оксигенированной питьевой воды в количестве 2 л в сут.**

**Table 6. Energy supply for the body of the studied group of adults before and after 10 days of taking oxygenated drinking water in an amount of 2 liters per day**

Показатели	До приема воды	Через 10 дней после приема воды
ЭБ	220,5 ± 36,4	210,1 ± 34,9
ЭО	0,9 ± 0,06	1,0 ± 0,1
УНЭ	109,9 ± 16,1	102,6 ± 13,4
УРЭ	110,6 ± 20,9	107,5 ± 21,9
С	58,6 ± 8,6	57,0 ± 7,5
IG	54,3 ± 7,1	57,5 ± 7,2
V	54,9 ± 7,1	63,2 ± 6,8*
R	57,3 ± 7,1	65,5 ± 7,3
МС	55,9 ± 6,3	59,2 ± 7,2
TR	52,5 ± 7,1	61,7 ± 5,5*
VB	59,0 ± 7,0	56,3 ± 5,6
F	52,8 ± 5,9	56,9 ± 6,7
P	55,2 ± 6,7	57,7 ± 6,9
GI	56,6 ± 6,3	58,99 ± 6,1
E	54,1 ± 6,6	60,7 ± 6,5
RP	57,0 ± 7,2	55,8 ± 6,0

Условные обозначения: различия достоверны при уровне значимости \* —  $p < 0,05$ .

**Таблица 7. Функциональные показатели Me (25 ч 75) исследуемой группы детей до и после 10 дней приема оксигенированной питьевой воды в количестве 1 л в сут.**

**Table 7. Functional indicators Me (25 ч 75) of the studied group of children before and after 10 days of receiving oxygenated drinking water in the amount of 1 l per day**

Показатели	До приема воды	Через 10 дней после приема воды
ФС	62,0 (50,0×86,0)	83,5 (66,0×91,0)
ВР	81,5 (38,0×97,0)	95,0 (82,0×100,0)*
НР	69,5 (45,0×78,0)	80,0 (56,0×91,0)
ПЭС	63,5 (49,0×75,0)	77,0 (60,0×92,0)
АВ	60,5 (42,0×94,0)	79,0 (59,0×88,0)
ЧСС	69,0 (65,0×90,0)	72,5 (79,0×98,0)
ИВР	132,8 (72,8×236,5)	77,1 (49,2×112,0) *
ВПР	0,30 (0,25×0,37)	0,37 (0,33×0,46)*
ПАПР	36,0 (27,0×71,7)	30,1 (22,4×39,8)*
ИН	74,0 (40,5×184,8)	50,3 (29,3×77,8)
ЭБ	0,87 (0,81×1,00)	1,02 (0,89×1,12)
ЭО	234,0 (139,0×344,0)	271,5 (162,0×325,0)
УНЭ	98,0 (80,0×189,0)	132,0 (95,0×160,0)
УРЭ	89,0 (73,0×155,0)	136,0 (67,0×172,00)
Кол-во приседаний за 30 с	25,9 (23,5×28,5)	28,6 (25,5×32,0)*

Условные обозначения: различия достоверны при уровне значимости \* —  $p < 0,05$ .

Положительные сдвиги в работе вегетативной нервной системы после употребления детьми оксигенированной питьевой воды можно, вероятно, связать с обнаруженной способностью к выполнению физических упражнений. Максимальное количество приседаний, которые дети смогли выполнить за 30 сек после 10-дневного приема оксигенированной питьевой воды было достоверно выше (на 10,4 %), чем до приема, причем абсолютно у каждого исследуемого школьника. В этой связи следует отметить, что американскими исследователями было установлено, что оксигенированная вода способствовала увеличению клиренса (исчезновение из крови) молочной кислоты у спортсменов после бега на дистанцию 5000 м [5]. При этом хорошо известно, что концентрация молочной кислоты при физической нагрузке коррелирует с развитием утомления.

**Выводы.** Проведенные исследования показали, что дополнительный прием оксигенированной воды в объеме 2 л в течение 10 дней не оказывает негативного влияния на состав тела, уровень метаболических процессов, гидратацию организма, общее качество физиологических процессов и степень их сбалансированности у группы взрослых добровольцев, что свидетельствует о стабильности работы организма в целом и характеризуется нормальными показателями вегетативной и центральной регуляции, анаболизма, катаболизма, функциональных резервов организма и активностью регуляторных систем.

У взрослых добровольцев также отмечено улучшение энергетического обеспечения ряда органов и систем, в частности спинного мозга и системы выделения (мочевого пузыря).

В группе детей, которые употребляли дополнительно 1 л оксигенированной воды в день, через 10 дней приема наблюдалось улучшение функционирования вегетативной нервной системы организма и сдвиг баланса регуляции в сторону снижения активности симпатической нервной системы. Положительные сдвиги отмечены в ритмической активности сердца, в первую очередь за счет усиления автономии работы синусного узла. Кроме того, прием оксигенированной воды способствовал увеличению физической выносливости детей, выражающейся в способности выполнять больше число физических упражнений за определенный период времени.

### Список использованной литературы

1. Корзан, С.И. Разработка технологии обогащения воды кислородом / С.И. Корзан, З.В. Ловкис // Наука, питание и здоровье : материалы II Международного конгресса, Минск, 3–4 октября 2019 г. / Нац. акад. наук Беларуси, РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» ; редкол.: З. В. Ловкис [и др.]. — Минск, 2019. — С. 433–438.
2. Аристова, Н.А. Физические методы получения экологически чистой активированной воды / Н.А. Аристова, И.М. Пискарев, В.А. Ушканов. — М. : МГУ им. М.В. Ломоносова, 2009. — 86 с. — (Препринт / НИИЯФ МГУ № 2009-12/856).
3. Марков, А.А. Разработка и научное обеспечение системы процессов насыщения воды кислородом: дис. ... канд. техн. наук : 05.18.12 / А.А. Марков. — Воронеж, 2013. — 192 л.
4. Stefanov M., Potroz M., Kim J. at al. Primo vascular system as a new anatomical system // Journal of Acupuncture and Meridian Studies. 2013. — V 6, N 6. — P. 331–338.
5. Fleming, N. Ingestion of oxygenated water enhances lactate clearance kinetics in trained runners / N. Fleming, J. Vaughan, M. Feeback // J. IntSoc Sports Nutr. — 2013. — V 4, N 9.

### References

1. Korzan S.I., Lovkis Z.V. Development of a technology for enriching water with oxygen. Science, Nutrition and Health: Materials of the II International Congress, Minsk, October 3–4, 2019 / Nat. Acad. Sciences of Belarus, RUE “Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus on Food”; Editorial: Z.V. Lovkis [et al.]. — Minsk, 2019. — S. 433–438 (in Russian).
2. Aristova N.A. Physical methods for producing environmentally friendly activated water / N.A. Aristova, I.M. Piskarev, V.A. Ushkanov. — M. : Moscow State University. M.V. Lomonosov, 2009. — 86 p. — (Preprint / SINP MSU No. 2009-12 / 856) (in Russian).
3. Markov A.A. Development and scientific support of the system of processes of water saturation with oxygen: dis. ... cand. tech. Sciences: 05.18.12 / A.A. Markov. — Voronezh, 2013. — 192 p. (in Russian).
4. Stefanov M., Potroz M., Kim J. at al. Primo vascular system as a new anatomical system // Journal of Acupuncture and Meridian Studies. 2013. — V 6, N 6. — P. 331–338.

5. Fleming N., Vaughan J., Feeback M. Ingestion of oxygenated water enhances lactate clearance kinetics in trained runners // J. IntSoc Sports Nutr. 2013. — V 4, N 9.

#### Информация об авторах

*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.

*Садовский Александр Александрович* — кандидат технических наук, начальник отдела сертификации метрологии и систем качества РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: sadouski.a@gmail.com.

*Шилов Валерий Викентьевич* — кандидат биологических наук, начальник отдела питания РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: valery.shilov@gmail.com

*Белякова Наталья Иосифовна* — кандидат медицинских наук, ведущий специалист отдела питания РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: n\_belyakova@tut.by.

*Журня Анна Александровна* — научный сотрудник отдела питания РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: nurka8899@mail.ru.

#### Information about authors

*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.

*Sadouski Aliaksand A.* — PhD (technical), head of the department of certification, metrology and quality system of RUE «Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the Nation Academy of Sciences of Belarus» (29, Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: sadouski.a@gmail.com.

*Shylau Valery V.* — PhD (Biology), head of the nutrition department of RUE «Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the Nation Academy of Sciences of Belarus» (29, Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: valery.shilov@gmail.com.

*Beliakova Natallia I.* — PhD (Medicine), Leading Specialist of the of the nutrition of RUE «Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the Nation Academy of Sciences of Belarus» (29, Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: n\_belyakova@tut.by.

*Zhurnia Hanna A.* — Research Fellow of the department of the nutrition of RUE «Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the Nation Academy of Sciences of Belarus» (29, Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: nurka8899@mail.ru.

УДК 579.2+579.6

Поступила в редакцию 22.11.2019  
Received 22.11.2019**А.В. Кантерова, С.И. Леонович, А.В. Савчик, Е.И. Ладутько, Г.И. Новик***Институт микробиологии НАН Беларуси, г. Минск, Республика Беларусь***МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ ПРИРОДНЫХ ИСТОЧНИКОВ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИ ЦЕННЫХ КУЛЬТУР ДРОЖЖЕВЫХ ГРИБОВ**

**Аннотация.** С поверхности листьев, ягод и цветов декоративных, лекарственных и плодово-ягодных культур изолированы новые штаммы дрожжевых грибов. По результатам исследования морфологии колоний и клеток дрожжей, физиолого-биохимическим характеристикам, а также молекулярно-генетической идентификации культуры отнесены к следующим родам: *Cystofilobasidium*, *Rhodotorula*, *Sporobolomyces*, *Rhodospiridiobolus* — продуцируют каротиноидные пигменты, *Cryptococcus*, *Metschnikowia*, *Bullera* — могут быть использованы для получения внеклеточных полисахаридов и белково-витаминных концентратов, *Dothiora* — продуценты меланина. Выделенные штаммы в перспективе могут быть использованы в биотехнологическом производстве и производстве биологически активных добавок.

**Ключевые слова:** дрожжевые грибы, молекулярно-генетическая идентификация, биотехнологическое производство

**A.V. Kanterova, S.I. Leanovich, A.V. Savchik, A.I. Ladutska, G.I. Novik***The Institute of Microbiology of National Academy of Sciences of Belarus,  
Minsk, Republic of Belarus***MORPHOLOGICAL CHARACTERIZATION AND MOLECULAR-GENETIC IDENTIFICATION OF NATURAL ISOLATES OF BIOTECHNOLOGICALLY VALUABLE OF YEAST-LIKE FUNGI**

**Abstract.** New strains of yeast-like fungi were isolated from the surface of leaves, berries and flowers of decorative, medicinal and fruit cultivars. Following morphological examination of yeast colonies and cells, physiological-biochemical characterization and molecular-genetical identification the cultures were referred to the following genera: *Cystofilobasidium*, *Rhodotorula*, *Sporobolomyces*, *Rhodospiridiobolus* — sources of carotenoid pigments, *Cryptococcus*, *Metschnikowia*, *Bullera* — potential producers of extracellular polysaccharides, *Dothiora* — melanin synthesizers. The isolated strains in short-term perspective may be used in biotechnological industry and manufacturing of bioactive additives.

**Keywords:** yeast, molecular genetic identification, biotechnological production

**Введение.** Дрожжи были первыми микроорганизмами, которые человек стал использовать в хозяйственной деятельности. Основное свойство дрожжей, которое всегда использовалось в промышленности, — это способность к образованию довольно больших количеств спирта из сахара. Другая группа производственных процессов, в которых издавна используются дрожжи, также связана с их способностью к спиртовому брожению: образование углекислого газа под воздействием дрожжей — важнейший этап в приготовлении хлеба, приводящий к заквашиванию теста. На протяжении нескольких тысяч лет человечество совершенствовало технологии изготовления вина, пива и хлеба, доводя их до уровня искусства и получая все более изысканные продукты. Новый этап в развитии бродильных процессов начался после работ Пастера, Коха и других корифеев микробиологии, которые ввели в практику метод чистых культур. Тем не менее, до конца XIX века дрожжи применялись лишь в виноделии, пивоварении и хлебопечении. Двадцатый век, с его бурным развитием промышленности, резко расширил и области применения дрожжей. Дрожжи стали выращиваться в больших масштабах в качестве источника белка и витаминов для сельскохозяйственных животных. Дрожжи

также являются основным источником для получения технического этанола. С помощью дрожжей получают широкий спектр биологически активных соединений, используемых в разных областях производственной деятельности. К ним относятся витамины, различные полисахариды, липиды, которые могут служить заменителями растительных масел, разнообразные ферменты, используемые в пищевой промышленности и т.д. [1]. Развитие генетической инженерии позволило использовать легко культивируемые дрожжи для получения многих полезных веществ животной и растительной природы, например, инсулина. Использование микробной биомассы для обогащения кормов белком и незаменимыми аминокислотами в условиях интенсивного животноводства — одна из важнейших задач будущего, так как человечество развивается таким образом, что оно вряд ли сможет обеспечить себя пищей традиционными методами. Известно, что выращивание микроорганизмов не зависит от климатических условий, не требует посевных площадей, поддается автоматизации. Дрожжи — одна из наиболее перспективных групп микроорганизмов для получения белковых кормовых добавок. Содержание белка в клетках некоторых штаммов дрожжей составляет от половины до 2/3 сухой массы, на долю незаменимых аминокислот приходится до 10 % [2, 3].

Критерии классификации дрожжей в настоящее время включают описание морфологии клеток, строения клеточных стенок, характеристики вегетативного размножения, наличия полового процесса, способности утилизировать экзогенные соединения, а также результаты молекулярно-генетического анализа структуры ДНК и РНК. В качестве маркерных последовательностей геномов для идентификации дрожжей используются высоко консервативные последовательности рибосомной ДНК: 5.8SpДНК, 18SpДНК, 26 SpДНК [4]. Таким образом, определение нуклеотидных последовательностей геномной ДНК культур дрожжей является необходимой задачей для уточнения классификации дрожжей и их видовой принадлежности.

Вновь описываемые виды дрожжей должны типифицироваться штаммами, которые депонируют в коллекции микроорганизмов, где они поддерживаются в жизнеспособном состоянии. Это делает их доступными для научной общественности. Кроме хранилищ таких штаммов коллекции выполняют различные функции: научные, учебные, производственные. Коллекции проводят патентование практически ценных штаммов, осуществляют обмен и выдачу культур для исследовательских, производственных и учебных целей, проводят таксономические исследования, составляют периодические публикуемые каталоги.

**Цель исследования** — выделение из природных источников биотехнологически ценных дрожжевых культур, идентификация культур с использованием современных молекулярно-генетических методов, развитие Белорусской коллекции непатогенных микроорганизмов.

**Материалы и методы.** Объектами исследований служили штаммы дрожжевых грибов, изолированные нами из образцов природных материалов (цветов примулы, одуванчика, ветреницы, подсолнуха, бархатцев, хризантемы, тысячелистника, черёмухи, ягод боярышника). Для выделения дрожжевых грибов проводили посев смывов с образцов растительных материалов методом истощающего штриха на среду сусло-агар и инкубировали при температуре 25 °С.

Для проверки способности дрожжей сбраживать сахара применяли метод с использованием трубок Дунбара. В качестве питательной среды использовали 0,5 % раствор дрожжевого экстракта с добавлением исследуемых сахаров в 2 % концентрации: глюкозы, сахарозы, галактозы, мальтозы, инулина, целлобиозы, трегалозы, лактозы, крахмала, а также раффинозы с конечной концентрацией 6 %. Тесты на способность дрожжей сбраживать сахара проводили в трех повторностях. Учет результатов производили через 24 ч.

Для проверки способности дрожжей ассимилировать источники углерода проводили посев исследуемых дрожжевых грибов в жидкие питательные среды на основе пивного сусла и инкубировали на качалке в течение трех суток. После этого производили посев культур дрожжей на агаризованные среды, содержащие источник углерода (сахарозу, галактозу, мальтозу, инулин, целлобиозу, трегалозу, лактозу, крахмал — с конечной концентрацией сахаров 0,5 %, раффинозу — 1 %). Положительным контролем служила агаризованная среда, содержащая 0,5 % глюкозы, отрицательным контролем являлась агаризованная среда, не содержащая сахаров. Оценку способности дрожжей к росту и ассимиляции различных источников углерода проводили в трех повторях. Учет результатов производили на третьи и седьмые сутки после посева [3].

Выделение геномной ДНК дрожжевых грибов проводили с использованием ацетата лития для разрушения клеточной стенки дрожжей [9]. ПЦР-амплификацию нуклеотидной последовательности гена 18SpРНК проводили с использованием праймеров NS1 (5'-gtagcatatgcttgtctc-3') и NS4 (5'-cttcgcgtaattcctttaag-3'). Амплификацию выполняли с использованием следующего температурно-временного профиля: денатурация — 5 мин при 98 °С; 34 цикла элонгации — 98 °С — 20 с, 55 °С — 20 с, 72 °С — 2 мин; достройка цепи — 5 мин при 72 °С; охлаждение до 4 °С. Образцы ДНК и ПЦР-продукты анализировали в 1 % агарозном геле с использованием 1X *tris*-ацетатного буфера. Для визуализации ДНК и ПЦР-продуктов агарозный гель окрашивали раствором бромистого этидия в кон-

центрации 0,05 мкг/мл. Для определения размера продуктов ПЦР применяли маркер молекулярной массы фрагментов ДНК GeneRuler DNA Ladder 1 Kb Plus (Thermo Scientific) [5, 6].

Для определения уровня накопления биомассы дрожжевых культур при глубинном культивировании использовали пивное сусло 7 °Б. Культивирование в жидкой среде проводили в колбах Эрленмейера на качалке со скоростью вращения ротора 180 об/мин при температуре 20–23 °С. Уровень накопления биомассы определяли нефелометрически, путем измерения оптической плотности культуры относительно стерильной среды культивирования при длине волны 600 нм (D600).

Процент выживаемости дрожжевых грибов после криоконсервации и лиофилизации определяли по стандартным методикам [7].

**Результаты и обсуждение.** С поверхности листьев, ягод и цветов декоративных, лекарственных и плодово-ягодных культур изолированы штаммы дрожжевых грибов. Морфологическая характеристика вновь выделенных дрожжевых культур дана на основании изучения макроморфологии колоний (при поверхностном культивировании на сусловом агаре) и микроморфологии — с использованием метода световой микроскопии нативных препаратов клеток (при увеличении Ч600). Детальное морфологическое описание макроколоний и микропрепаратов клеток дрожжевых грибов приведено в табл. 1 и на рис. 1.

Таблица 1. Морфологическая характеристика выделенных дрожжевых культур  
Table 1. Morphological characteristics of isolated yeast cultures

Изоляты дрожжей	Источник выделения	Морфология колоний и клеток дрожжей
Бар2	Поверхность цветов бархатцев	Дрожжи формируют колонии диаметром до 4 мм, правильной округлой формы, край колонии ровный, колонии слизистые, реверзум не окрашен. Цвет светло-бежевый. Клетки дрожжей округлой формы.
О1	Поверхность цветов одуванчика	Культура формирует слизистые колонии диаметром до 5 мм красного цвета, край ровный. Клетки дрожжей округлой формы, располагаются одиночно.
Пж3	Поверхность цветов примулы	Дрожжи формируют колонии диаметром до 3 мм, правильной округлой формы, край колонии ровный, колонии слизистые, реверзум не окрашен. Цвет красный. Клетки дрожжей округлой и продолговатой формы.
6/2	Поверхность цветов ветреницы дубравной	Молодая культура формирует слизистые, блестящие колонии диаметром 2–3 мм красного цвета, край колонии ровный. Клетки дрожжей округлой формы, располагаются одиночно, наблюдается активное почкование.
П2	Поверхность цветов подсолнуха	Молодая культура формирует слизистые, блестящие колонии диаметром 2–3 мм красного цвета, край колонии ровный. Клетки дрожжей округлой формы, располагаются одиночно, наблюдается активное почкование.
Хс1	Поверхность цветов хризантемы	Культура формирует блестящие крупные колонии диаметром до 7 мм, бежево-розового цвета, край колонии ровный. Клетки дрожжей овальной формы, располагаются одиночно, наблюдается аскоспорообразование.
БВ	Поверхность ягод боярышника	Культура формирует колонии диаметром 2 мм, светло-розового цвета, с блестящей поверхностью, край ровный. Клетки дрожжей округлой формы, располагаются одиночно, наблюдается почкование.
Хс3	Поверхность цветов хризантемы	Культура формирует блестящие крупные колонии диаметром до 5 мм, кремового цвета, край колонии ровный. Клетки дрожжей округлой формы, располагаются одиночно, наблюдается активное почкование.
Т1	Поверхность цветов тысячелистника	Молодая культура формирует слизистые, блестящие колонии диаметром 2–3 мм красно-оранжевого цвета, край колонии ровный. Клетки дрожжей округлой формы, располагаются одиночно, наблюдается активное почкование.
Ч1	Поверхность цветов черемухи	Дрожжи формируют колонии диаметром 2–3 мм, плотные, сухие, круглой формы, край колонии мицелиального типа, поверхность блестящая. Цвет молодых колоний в возрасте 3 сут. розовато-бежевый, с возрастом (7 сут.) колонии становятся коричнево-черными. Клетки дрожжей крупные, округлой и овальной формы, образуют мицелий, наблюдается почкование клеток.

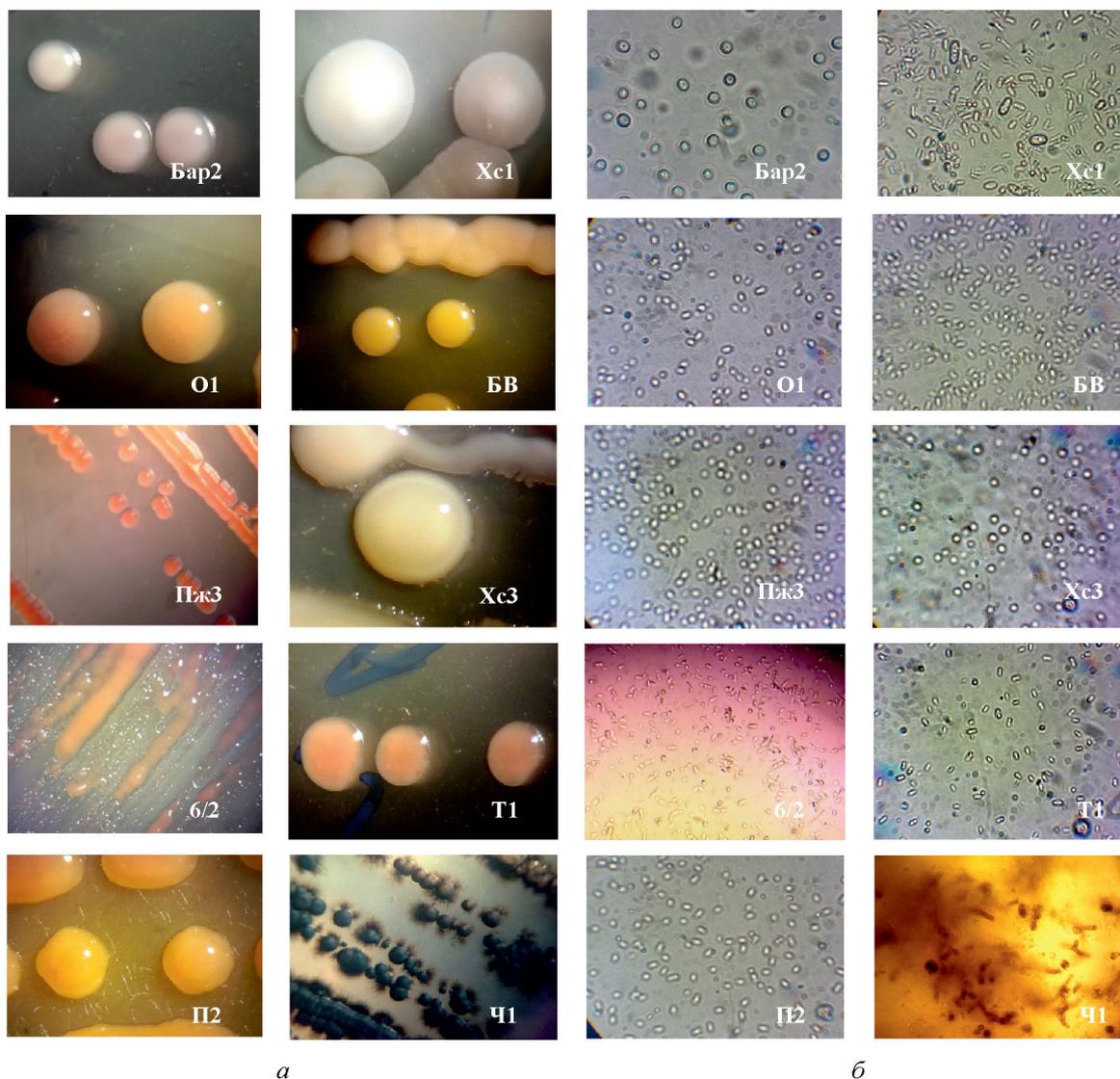


Рис. 1. Морфология колоний и клеток дрожжей, выделенных из природных источников:  
а — колонии; б — клетки

Fig. 1. Morphology of colonies and yeast cells isolated from natural sources:  
а — colonies; б — cells

На следующем этапе исследований проведен анализ таксономически значимых физиологических признаков дрожжевых культур: способности к сбраживанию сахаров и ассимиляции источников углерода (табл. 2, 3). Следует отметить, что для некоторых штаммов наблюдался достаточно слабый рост в исследуемых средах, что не позволяет однозначно интерпретировать соответствующий результат. Особенностью проводимых тестов является учет возможной медленной адаптации культур дрожжей к источникам углерода [3].

С целью установления точного таксономического диагноза проводили молекулярно-генетическую идентификацию исследуемых культур дрожжей. Для штаммов дрожжей выделена геномная ДНК, осуществлена амплификация генов 18S рРНК, проведена очистка и подготовка к секвенированию продуктов ПЦР, выполнено секвенирование, определена видовая принадлежность, а также подготовлены заключения о молекулярно-генетической идентификации культур (табл. 4).

Для вновь выделенных из природных источников культур дрожжевых грибов, изучен уровень продукции биомассы в динамике развития популяции. На рис. 2, в качестве примера, представлены кривые роста, иллюстрирующие накопление биомассы у культур дрожжевых грибов, обладающих наибольшим значением средней удельной скорости роста на жидкой питательной среде на основе пивного суслу.

**Таблица 2. Результаты тестов исследования сбраживания источников углерода штаммами дрожжей**

**Table 2. Test results of carbon source fermentation by yeast strains**

Изоляты	глюкоза	галактоза	сахара-роза	мальтоза	раффиноза	инулин	целлобиоза	трегалоза	лактоза	крахмал
Бар2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
О1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Пж3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6/2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
П2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Хс1	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
БВ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Хс3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Т1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ч1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Примечание: «+» — наличие роста культуры и процесса сбраживания; «-» — отсутствие роста культуры и процесса сбраживания.

**Таблица 3. Результаты тестов исследования ассимиляции источников углерода штаммами дрожжей**

**Table 3. Results of tests evaluating assimilation of carbon source by yeast strains**

Изоляты	глюкоза	галактоза	сахара-роза	мальтоза	раффиноза	инулин	целлобиоза	трегалоза	лактоза	крахмал
Бар2	+	+	+	+	+	-	+/-	+/-	+/-	-
О1	+	+	+	-	+	-	-	+	-	-
Пж3	+	+/-	+/-	+/-	+	+/-	+	+	-	+
6/2	+	+	+	+	+	-	+	+	-	-
П2	+	+	-	-	+	-	+	+	-	-
Хс1	+	+	+/-	+	-	-	+	+/-	-	-
БВ	+	+	+	-	+	-	-	+/-	-	-
Хс3	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+
Т1	+	+	+	-	+	-	-	+	-	-
Ч1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Примечание: «+» — наличие роста культуры; «-» — отсутствие роста культуры; «+/-» — слабый рост культуры.

**Таблица 4. Результаты молекулярно-генетической идентификации выделенных штаммов дрожжей**

**Table 4. Molecular genetic identification results isolated yeast strains**

№ п/п	Штамм дрожжей	Гомология по гену 18S рРНК
1	Бар2	<i>Cryptococcus</i> , 99 %
2	О1	<i>Rhodotorulasp.</i> , 100%
3	Пж3	<i>Rhodospordioboluscolostri</i> , 99 %
4.	6/2	<i>Sporobolomycesp.</i> , 100 %
5	П2	<i>Rhodotorulaglutinis</i> , 99 %
6	Хс1	<i>Metschnikowiareukaufii</i> , 99%
7	БВ	<i>Cystobasidiumlaryngis</i> , 99%
8	Хс3	<i>Bulleraunica</i> , 99 %
9	Т1	<i>Rhodotorula sp.</i> , 100%
10	Ч1	<i>Dothioracannabinae</i> , 99 %

Результаты измерения оптической плотности культуральной жидкости дрожжевых грибов в динамике развития популяции показали, что исследуемые культуры дрожжей активно накапливают биомассу

в течение первых 48–96 ч глубинного культивирования. Далее увеличение биомассы происходило менее интенсивно и зависело от индивидуальных особенностей исследованной культуры дрожжей. Для штамма О1 значение средней удельной скорости роста достигало 0,0379, для штамма Ч1 — 0,0393.

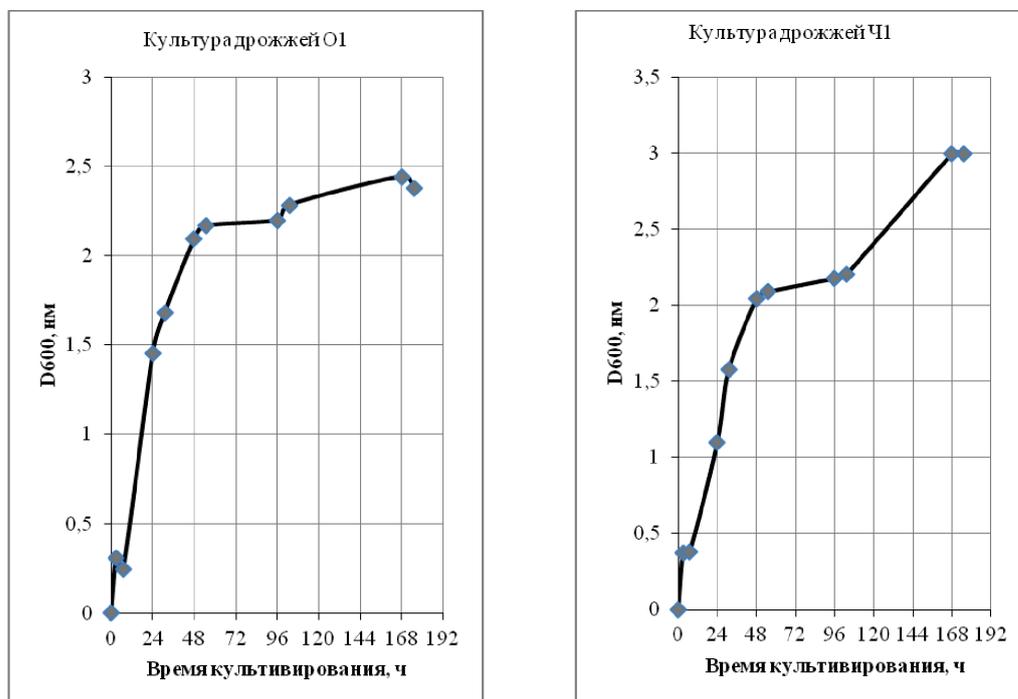


Рис. 2. Изменение значений оптической плотности культуральной жидкости при культивировании дрожжевых культур на жидкой питательной среде на основе пивного сусла  
Fig. 2. The change in the optical density of the culture fluid during the cultivation of yeast cultures in a liquid nutrient medium based on beer wort

Осуществлено депонирование культур дрожжевых грибов, выделенных из природных источников, по форме «гарантийное хранение» в Белорусской коллекции непатогенных микроорганизмов (БКМ) (табл. 5). Оформлены паспорта на штаммы дрожжевых грибов, согласно стандартным правилам, принятым в крупнейших мировых коллекциях микроорганизмов.

Таблица 5. Выделенные из природных источников штаммы дрожжевых грибов  
Table 5. Yeast strains isolated from natural sources

№ п/п	Авторское название	№ БИМ	Род	Вид
1	Б2	У- 312 Г	<i>Cryptococcus</i>	<i>ater</i>
2	О1	У- 315 Г	<i>Rhodotorula</i>	sp.
3	Пж3	У- 317 Г	<i>Rhodospiridiobolus</i>	<i>colostri</i>
4	6/2	У- 324 Г	<i>Sporobolomyces</i>	sp.
5	П2	У- 325 Г	<i>Rhodotorula</i>	<i>glutinis</i>
6	Хс1	У- 330 Г	<i>Metschnikowia</i>	<i>reukaufii</i>
7	БВ	У- 331 Г	<i>Cystobasidium</i>	<i>laryngis</i>
8	Хс3	У- 332 Г	<i>Bullera</i>	<i>unica</i>
9	Т1	У- 333 Г	<i>Rhodotorula</i>	sp.
10	Ч1	У- 334 Г	<i>Dothiora</i>	<i>cannabinae</i>

Обеспечено длительное хранение культур дрожжей с использованием низкотемпературной консервации и лиофилизации. Данные, иллюстрирующие сохранение высокого уровня жизнеспособности культур дрожжевых грибов после криоконсервации при  $-70^{\circ}\text{C}$  и после лиофильного высушивания, приведены в табл. 6 и 7. Количество колониеобразующих единиц на мл (КОЕ/мл) и динамику изменения оптической плотности культуральной жидкости (ОП) у культур дрожжевых грибов изучали при культивировании на жидкой питательной среде на основе пивного сусла в течение

ние 96 ч для культур первого, второго и третьего пассажа после консервации. Контролем служила культура, поддерживаемая методом периодических пересевов.

Т а б л и ц а 6. Сохранение жизнеспособности выделенных из природных источников штаммов дрожжевых грибов после лиофилизации

Table 6. Viability of natural isolated of yeast-like fungal strain upon freeze-drying

№ штамма БИМ	Первый пассаж		Второй пассаж		Третий пассаж		Контроль	
	КОЕ/мл	ОП	КОЕ/мл	ОП	КОЕ/мл	ОП	КОЕ/мл	ОП
У- 312Г	5,8x10 <sup>8</sup>	1,75	6,6x10 <sup>8</sup>	1,80	8,0x10 <sup>8</sup>	2,00	8,0x10 <sup>8</sup>	2,00
У- 315Г	6,1x10 <sup>8</sup>	1,77	8,1x10 <sup>8</sup>	2,00	2,7x10 <sup>9</sup>	2,18	3,0x10 <sup>9</sup>	2,20
У- 317Г	4,5x10 <sup>8</sup>	1,67	5,5x10 <sup>8</sup>	1,77	7,2x10 <sup>8</sup>	1,81	7,0x10 <sup>8</sup>	1,80
У- 324Г	1,2x10 <sup>8</sup>	1,45	3,2x10 <sup>8</sup>	1,65	6,2x10 <sup>8</sup>	1,75	6,0x10 <sup>8</sup>	1,75
У- 325Г	5,9x10 <sup>8</sup>	1,60	6,7x10 <sup>8</sup>	1,65	7,7x10 <sup>8</sup>	1,85	7,7x10 <sup>8</sup>	1,85
У- 330Г	1,3 x10 <sup>8</sup>	1,66	2,7 x10 <sup>8</sup>	1,70	4,7 x10 <sup>8</sup>	1,76	4,5 x10 <sup>8</sup>	1,76
У- 331Г	2,0 x10 <sup>8</sup>	1,65	2,0 x10 <sup>8</sup>	1,65	3,0 x10 <sup>8</sup>	1,72	2,7 x10 <sup>8</sup>	1,70
У- 332Г	1,8 x10 <sup>8</sup>	1,70	2,6 x10 <sup>8</sup>	1,72	6,6 x10 <sup>8</sup>	1,79	6,1 x10 <sup>8</sup>	1,77
У- 333Г	9,0 x10 <sup>7</sup>	1,35	1,0 x10 <sup>8</sup>	1,55	3,9 x10 <sup>8</sup>	1,78	4,1 x10 <sup>8</sup>	1,79
У- 334Г	1,1 x10 <sup>8</sup>	1,75	9,7x10 <sup>8</sup>	1,97	2,7x10 <sup>9</sup>	2,17	2,7x10 <sup>9</sup>	2,18

Т а б л и ц а 7. Сохранение жизнеспособности выделенных из природных источников штаммов дрожжевых грибов после криоконсервации

Table 7. Viability of natural isolated of yeast-like fungal strain upon cryoconservation

№ штамма БИМ	Первый пассаж		Второй пассаж		Третий пассаж		Контроль	
	КОЕ/мл	ОП	КОЕ/мл	ОП	КОЕ/мл	ОП	КОЕ/мл	ОП
У- 312Г	7,0x10 <sup>8</sup>	1,85	8,0x10 <sup>8</sup>	2,00	8,3x10 <sup>8</sup>	2,02	8,0x10 <sup>8</sup>	2,00
У- 315Г	8,0x10 <sup>8</sup>	2,05	2,7x10 <sup>9</sup>	2,18	3,0x10 <sup>9</sup>	2,20	3,0x10 <sup>9</sup>	2,20
У- 317Г	6,5x10 <sup>8</sup>	1,77	6,8x10 <sup>8</sup>	1,78	7,0x10 <sup>8</sup>	1,80	7,0x10 <sup>8</sup>	1,80
У- 324Г	3,3x10 <sup>8</sup>	1,65	6,0x10 <sup>8</sup>	1,75	6,1x10 <sup>8</sup>	1,75	6,0x10 <sup>8</sup>	1,75
У- 325Г	4,7x10 <sup>8</sup>	1,65	7,5x10 <sup>8</sup>	1,85	7,7x10 <sup>8</sup>	1,85	7,7x10 <sup>8</sup>	1,85
У- 330Г	2,9 x10 <sup>8</sup>	1,74	4,5 x10 <sup>8</sup>	1,76	4,6 x10 <sup>8</sup>	1,76	4,5 x10 <sup>8</sup>	1,76
У- 331Г	2,0 x10 <sup>8</sup>	1,65	2,6 x10 <sup>8</sup>	1,70	2,7 x10 <sup>8</sup>	1,70	2,7 x10 <sup>8</sup>	1,70
У- 332Г	3,6 x10 <sup>8</sup>	1,72	6,1 x10 <sup>8</sup>	1,77	6,0 x10 <sup>8</sup>	1,77	6,1 x10 <sup>8</sup>	1,77
У- 333Г	1,3 x10 <sup>8</sup>	1,56	4,0 x10 <sup>8</sup>	1,79	4,2 x10 <sup>8</sup>	1,80	4,1 x10 <sup>8</sup>	1,79
У- 334Г	1,0x10 <sup>8</sup>	1,99	2,5x10 <sup>9</sup>	2,17	2,6x10 <sup>9</sup>	2,17	2,7x10 <sup>9</sup>	2,18

Как видно из результатов, представленных в табл. 6 и 7, сразу после консервации наблюдалось незначительное снижение количества жизнеспособных клеток, однако к третьему пассажиру в случае лиофилизации и ко второму, после криоконсервации, наблюдалось восстановление исходного количества жизнеспособных клеток культур дрожжевых грибов.

**Заключение.** С поверхности листьев, ягод и цветов декоративных, лекарственных и плодово-ягодных культур изолированы новые штаммы дрожжевых грибов. По результатам исследования морфологии колоний и клеток дрожжей, физиолого-биохимическим характеристикам, а также молекулярно-генетической идентификации культуры отнесены к следующим родам: *Cystofilobasidium*, *Rhodotorula*, *Sporobolomyces*, *Rhodospiridiobolus* — продуцируют каротиноидные пигменты, *Cryptococcus*, *Metschnikowia*, *Bullera* — могут быть использованы для получения внеклеточных полисахаридов и белково-витаминных концентратов, *Dothiora* — продуценты меланина. Выделенные штаммы в перспективе могут быть использованы в биотехнологическом производстве и производстве биологически активных добавок.

### Список использованных источников

1. Satyanarayana, T. Yeast Biotechnology: Diversity and Applications / T. Satyanarayana, G. Kunze. — SpringerSci. + Business Media B.V. 2009 — 744 p.
2. *Rhodotorulaglutinis* as source of pigments and metabolites for food industry / Hernandez-Almanza A. et al.; Food Biosci., 2014. — Vol. 5. — P. 64–72.

3. Бабьева, И.П. Методы выделения и индентификации дрожжей. Справочное пособие. / И.П. Бабьева, В.И. Голубев. — М.: «Пищевая промышленность», 1979. — 120 с.
4. Lxoke, M. Extraction of genomic DNA from yeasts for PCR — based applications. / M. Lxoke, K. Kristjuhan, A. Kristjuhan -Biotechniques. — 2011. — Vol. 50, №5. — P. 325–328.
5. Barnett, J.A. A new key to the yeasts / J.A. Barnett, R.J. Pankhurst. — Amsterdam: North — Holland Publishing Company, 1974. — 273 p.
6. The yeasts. A taxonomic study. Second and enlarged edition. / Ed.: J. Lodder. — Amsterdam: North — Holland Publishing Company, 1970. — 1385 p.
7. Луста К.А. Методы определения жизнеспособности микроорганизмов / К.А. Луста, Б.А. Фихте // Научный центр биологических исследований АН СССР в Пушкине. — 1990. — 186 с.

### References

1. Satyanarayana T, Kunze G. (eds). Yeast Biotechnology: Diversity and Applications. Springer Sci. + Business Media B.V. 2009, 744 p.
2. Hernandez-Almanza A., Montaneza J.C., Aguilar-Gonzalez M.A. et all. *Rhodotorulaglutinis* as source of pigments and metabolites for food industry. Food Biosci. 2014, no. 5, pp. 64–72.
3. Bab'yeva, I.P. Metody vydeleniya i indentifikatsii drozhzhey. Spravochnoye posobiye. [*Methods of isolation and identification of yeast. Reference manual*]. М.: «Pishchevaya promyshlennost'», 1979, 120 p. (in Russian).
4. Lxoke, M. Extraction of genomic DNA from yeasts for PCR — based applications. Biotechniques. 2011, 50, no.5, pp. 325–328.
5. Barnett, J.A. A new key to the yeasts / J.A. Barnett, R.J. Pankhurst, Amsterdam: North — Holland Publishing Company, 1974, 273 p.
6. The yeasts. A taxonomic study. Second and enlarged edition. Ed.: J. Lodder., Amsterdam: North — Holland Publishing Company, 1970, 1385 p.
7. Lusta K.A., Fikhite B.A. Metody opredeleniya zhiznesposobnosti mikroorganizmov [*Methods for determining the viability of microorganisms*]. Nauchnyy tsentr biologicheskikh issledovaniy AN SSSR v Pushchine, 1990. 186 p.

### Информация об авторах

*Кантерова Анна Валерьевна* — научный сотрудник лаборатории «Коллекция микроорганизмов», Институт микробиологии НАН Беларуси (ул. им. академика В.Ф. Купревича, 2, 220141, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: microbiol@tut.by

*Леонович Светлана Игоревна* — младший научный сотрудник лаборатории «Коллекция микроорганизмов», Институт микробиологии НАН Беларуси (ул. им. академика В.Ф. Купревича, 2, 220141, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: mnemozina176@gmail.com.

*Савчик Анастасия Вячеславовна* — младший научный сотрудник лаборатории «Коллекция микроорганизмов», Институт микробиологии НАН Беларуси (ул. им. академика В.Ф. Купревича, 2, 220141, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: nastya.savchik@mail.ru.

*Ладутко Елена Ивановна* — кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории «Коллекция микроорганизмов», Институт микробиологии НАН Беларуси (ул. им. академика В.Ф. Купревича, 2, 220141, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: ladutko\_elena@mail.ru.

*Новик Галина Ивановна* — кандидат биологических наук, заведующий лабораторией «Коллекция микроорганизмов», Институт микробиологии НАН Беларуси (ул. им. академика В.Ф. Купревича, 2, 220141, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: galina\_novik@mbio.bas-net.by.

### Information about authors

*Kanterova Anna V.* — The Institute of Microbiology of National Academy of Sciences of Belarus (Kuprevich str. 2, 220141, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: microbiol@tut.by

*Leanovich Svetlana I.* — The Institute of Microbiology of National Academy of Sciences of Belarus (Kuprevich str. 2, 220141, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: mnemozina176@gmail.com.

*Savchik Anastasia V.* — The Institute of Microbiology of National Academy of Sciences of Belarus (Kuprevich str. 2, 220141, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: nastya.savchik@mail.ru.

*Ladutka Alena I.* — Ph.D. (Biological). The Institute of Microbiology of National Academy of Sciences of Belarus (Kuprevich str. 2, 220141, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: ladutko\_elena@mail.ru

*Novik Galina I.* — Ph.D. (Biological). The Institute of Microbiology of National Academy of Sciences of Belarus (Kuprevich str. 2, 220141, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: galina\_novik@mbio.bas-net.by.

УДК 579.676

Поступила в редакцию 29.08.2019  
Received 29.08.2019**И.Е. Лобазова, И.М. Почицкая***РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси  
по продовольствию», г. Минск, Республика Беларусь***ПРИМЕНЕНИЕ МОДЕЛЕЙ ПРЕДИКТИВНОЙ МИКРОБИОЛОГИИ  
ДЛЯ *L. MONOCYTOGENES* В СОЛЕВОЙ СРЕДЕ**

**Аннотация.** В настоящей работе отражены результаты исследования по применению предиктивных моделей роста чистой культуры *L. monocytogenes* в бульоне Фрейзера с различными концентрациями NaCl. В работе использовали *L. monocytogenes* штамм ATCC 19111. Полученные кривые роста были оценены с помощью первичных моделей Барани и Робертса, трилинейной модели в программе ComeBase, а также в IPMP программе с помощью моделей Барани, Гомперца Хуанга и Бучанана. В ходе математических расчетов было отмечено, что наилучшие результаты были получены с помощью моделей Гомперца и Барани.

**Ключевые слова:** предиктивные модели, скорость роста, *L. monocytogenes*

**I.E. Labazava, I.M. Pochitskaja***RUE «Scientific and Practical Center for Foodstuffs of the National  
Academy of Sciences of Belarus», Minsk, Republic of Belarus***APPLICATION OF MICROBIOLOGICAL MODELS FOR  
*L. MONOCYTOGENES* IN SALT SOLUTION**

**Abstract.** We conducted a study on the use of predictive growth models of a pure *L. monocytogenes* culture in Fraser broth with various concentrations of NaCl. In this article, *L. monocytogenes* strain ATCC 19111 was used in the study. The obtained growth curves were evaluated using the primary Barani and Roberts models, the trilinear model in ComeBase also in the IPMP program using Barani, Gompertz Huang and Buchanan models. In the course of mathematical calculations, it was noted that the best results were obtained using the Gompertz and Barani models.

**Keywords:** predictive models, growth rate, *L. monocytogenes*

**Введение.** Понятие безопасности пищевых продуктов непосредственно связано с деятельностью патогенных и токсигенных бактерий (микроорганизмов рода *Salmonella*, вида *Listeria monocytogenes*, некоторых колиформных бактерий, токсигенных стафилококков) [1].

Способность продукта поддерживать рост *L. monocytogenes* в процессе хранения определяется как наиболее важный критерий возможности возникновения риска листериоза [2]. Листериоз не является широко распространенной инфекцией, так как по количеству выявленных случаев он значительно уступает сальмонеллезам и кампилобактериозам, однако превосходит их по летальности и тяжести клинического течения [3].

Источник возбудителя листериоза — больные и переболевшие животные, а также животные — листерионосители, листерии также обнаруживаются в рыбе и продуктах моря. *L. monocytogenes* заражает рыб в водоемах, поселяясь на поверхности их тела и используя в качестве источника питания эскулин рыбьей слизи.

Ранее нами было установлено, что *L. monocytogenes* чаще всего обнаруживаются в тушках цыплят, мясе механической обвалки и малосоленой рыбе. Учитывая, что последняя является готовым продуктом и, таким образом, представляет собой наибольшую опасность, рассмотрим как влияет наличие соли в концентрации 1 % и 3 % на жизнедеятельность микроорганизма.

Как известно, срок хранения пищевых продуктов может быть ограничен:

- 1) наличием и ростом патогенных для человека микроорганизмов в концентрациях, способных вызывать заражение или производить опасные для здоровья токсины;
- 2) ростом микроорганизмов в высоких концентрациях, придающих неприятный вкус и запах пищевым продуктам [4].

Испытания, проводимые при хранении естественно-обсемененных и искусственно-контаминированных образцов, являются важным инструментом для оценки порчи и безопасности пищевых продуктов. Известно, что на микроорганизмы влияют высокое давление, процессы нагрева и замораживания, концентрация соли, активность воды, pH, органические кислоты, копчение, наличие конкурентной микрофлоры, а также температура и влажность. Испытания позволяют прогнозировать срок годности продуктов и оценивать изменения, происходящие в них, однако являются весьма трудоемкими и дорогостоящими.

В последнее время все более расширяется применение математических моделей для прогнозирования реакции микроорганизмов на условия внешней среды. Математическая модель, количественно описывающая комбинированный эффект окружающих параметров, может использоваться для прогнозирования роста, способности выживать или инактивации микроорганизмов и дает важную информацию о безопасности продукта и его сроке годности.

Причины, по которым предиктивная микробиология является эффективным инструментом управления в пищевой микробиологии:

- 1) возможность предотвратить или минимизировать рост микроорганизмов, а не оптимизировать его, как часто происходит в биотехнологии;
- 2) концентрация целевых клеток намного ниже, чем в биотехнологии;
- 3) важное значение имеет кинетика лаг-фазы;
- 4) наличие небольшого объема точной информации о физико-химических процессах, происходящих в пищевой системе.

Научное обоснование математических моделей базируется на предположении о том, что закономерности роста, выживания и инактивации микроорганизмов могут быть рассчитаны и выражены с помощью уравнений и формул, учитывающих определенный набор производственных параметров и условий внешней среды. Разработка таких моделей позволяет определить степень безопасности пищевых продуктов в процессе их производства на всех этапах от момента получения сырья до реализации и употребления готового продукта [5].

Модели первого порядка описывают изменения в популяции микроорганизмов со временем с помощью расчетов таких кинетических параметров, как время задержки роста, специфическая скорость роста, максимальное количество клеток в популяции. Модели второго порядка описывают зависимость параметров модели первого порядка от условий окружающей среды, а модели третьего порядка представляют собой средства компьютерной обработки данных, преобразующие данные моделей первого и второго порядков в удобный для пользователя вид.

Рост бактерий характеризуется четырьмя стадиями роста: лаг-фаза, экспоненциальная фаза роста, стационарная фаза (максимальная плотность популяций) и гибель клеток.

Целью данной работы является сравнительный анализ первичных предиктивных моделей роста *L.monocytogenes* в бульоне Фрейзера при различных концентрациях соли (0 %, 1,0 % и 3,0%), выбор оптимальной модели на основании полученных результатов.

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

**Бактериальная культура.** В работе был использован штамм *L.monocytogenes* ATCC 19111, полученный из коллекции MicroBioLogics, Inc (США) в виде LYFO DISK. Для получения чистой культуры, вскрыли флакон с лиофилизированными дисками и один стерильно перенесли пробирку, в которую внесли 0,5 мл стерильного физиологического раствора, затем раздавили диск тампоном и смочили полученной суспензией. Перенесли суспензию на чашку и рассеяли до получения изолированных колоний. Для получения ночной культуры изолированную колонию перенесли в 5 мл бульона Фрейзера и инкубировали при температуре 37 °C в течение 18 ч.

**Инокулирование и подсчет выросших колоний.** В три колбы, содержащие бульон Фрейзера ( $V = 50$  мл) с концентрацией поваренной соли 0 %, 1,0 % и 3,0 %, вносили ночную культуру *L.monocytogenes* из расчета, чтобы первоначальная концентрация микроорганизма составляла 100 КОЕ/мл.

**Первичное моделирование.** Для полученных кривых роста *L.monocytogenes* в бульоне Фрейзера с различными концентрациями поваренной соли применяли первичные предиктивные модели Барани (Baranyi & Roberts, 1994), модель Хуанга (Huang, 2008, 2013), трехфазную линейную модель Бучанана (Buchanan, Whiting and Damert, 1997), модифицированную модель Гомпертца (Zwietering, Jongenburger, Rombouts & Van'treit, 1990). Вычисления проводили в программе ComeBase с помощью надстройки DMFit <https://browser.combase.cc/DMFit.aspx>, а также программы IPMP 2013 (USA) — <http://www.ars.usda.gov/Services/Docs.htm?docid=23355>.

Параметры роста включают лаг-фазу (LT), максимум специфической скорости роста ( $\mu_{\max}$ ), максимум бактериальной популяции клеток ( $y_{\max}$ ).

Модель Хуанга (2008, 2013) описывает кривую роста с лаг-фазой, экспоненциальной и стационарной фазами. Концентрация бактериальной популяции выражается через натуральный логарифм.

Удельную скорость роста обозначают через  $\mu_{\max}$ , продолжительность лаг-фазы —  $\lambda$ , коэффициент перехода из лаг-фазы  $\alpha = 4$  [6–10].

$$Y(t) = Y_0 + Y_{\max} - \ln\{e^{Y_0} + [e^{Y_{\max}} - e^{Y_0}]e^{-\mu_{\max} \cdot t}\}. \quad (1)$$

$$B(t) = t + \frac{\frac{1}{\infty} \ln(1 + e^{-\infty(t-\lambda)})}{1 + e^{\alpha\lambda}}. \quad (2)$$

Whiting, Buchanan и Damert (1997) [12, 13] предложили трехуровневую систему описания стадий процесса математического моделирования, которая включает следующие стадии:

- ♦ получение и анализ данных;
- ♦ первичное моделирование;
- ♦ вторичное моделирование;
- ♦ валидация модели;
- ♦ третичное моделирование,

и может быть описана следующими уравнениями:

$$y = y_0, \text{ если } t < \text{lag}, \quad (3)$$

$$y = y_0 + k(t - \text{lag}), \text{ если } \text{lag} \leq t < t_{\max}, \quad (4)$$

$$y = y_{\max}, t \geq t_{\max}, \quad (5)$$

где  $t_{\max}$  — время при котором  $y = y_{\max}$ .

Для подсчета клеток можно использовать как натуральный, так и десятичный логарифм. Кривая описывает три фазы роста.

Модель Барани [14], описанная в IPMP, выражается уравнением (6):

$$Y_t = Y_0 + \mu_{\max} \cdot A(t) - \ln\left\{1 + \frac{\exp[\mu_{\max} \cdot A(t)] - 1}{\exp(Y_{\max} - Y_0)}\right\}, \quad (6)$$

где  $A_{(t)} = t + \frac{1}{\mu_{\max}} \cdot \ln[\exp(-\mu_{\max} \cdot t) + \exp(-h_0) - \exp(-\mu_{\max} \cdot t - h_0)]$ ;  $Y_{\max}$ ,  $Y_0$ ,  $Y(t)$  — бактериальная популяция, количество клеток, выраженная через натуральный логорифм;  $h_0$  — физиологическое состояние микроорганизма в рассматриваемых условиях. (7)

Для подсчета клеток также можно использовать как натуральный, так и десятичный логарифм. Все четыре параметра:  $Y_0$ ,  $Y_{\max}$ ,  $h_0$  и  $\mu_{\max}$  выражаются уравнением нелинейной регрессии.

Модифицированная модель Гомперца в программе IPMP, выражается уравнением (8):

$$Y_{(t)} = Y_0 + (Y_{\max} - Y_0) \cdot \exp\left\{-\exp\left[\frac{\mu_{\max} e}{Y_{\max} - Y_0}(\lambda - t) + 1\right]\right\}, \quad (8)$$

где  $\lambda$  — продолжительность лаг фазы.

Рост бактериальной популяции выражают в натуральных логарифмах.

В модели Барани и Робертса [14] (используется в ComeBase DMFit) мгновенная скорость роста в момент времени  $t$  определяется концентрацией клеток  $x(t)$ , состояние окружающей среды  $E_2$ , физиологическим состоянием клеток, которую можно описать через  $q(t)$  и функцией ингибирования  $u(x)$ . Тогда концентрация клеток в партии культуры описывается дифференциальным уравнением (9):

$$\frac{d}{dt} x = \mu_{\max} \alpha(t) u(x) x, \quad (9)$$

где  $(0 \leq t < \infty; 0 < x)$ , первоначальные значения  $x(0) = x_0$  и  $x_0 > 0$ ,

отсюда:

$$\frac{d}{dt} y = \frac{1}{1 + e^{-Q(t)}} \mu_{\max} (E_2) (1 - e^{m(y - y_{\max})}), \quad (10)$$

$$\frac{d}{dt} Q = \mu_{\max} (E_2), \quad (11)$$

$$y(0)=y_0 \text{ и } b Q(0)=\ln q_0, \quad (12)$$

где  $Q(t)=\ln q(t)$ .

Удельная скорость роста зависит от фактического времени, время — от окружающей среды, на которую воздействуют функц  $E_2(t)$  и  $\mu_{\max}(E_2)$ , которые можно задать.

На скорость роста  $y(t)$ , влияет как первоначальная концентрация клеток  $y_0$ , так и их физиологическое состояние  $q_0$ . Если  $\alpha(t)=1$ , то решение уравнений (10–12), обозначается как  $p(t)$ , не зависит от  $q_0$  и называется потенциальной скоростью роста  $p(t)$ , которая будет увеличиваться, если клетки были инокулированы из экспоненциальной фазы. Максимальная удельная скорость роста потенциальной кривой равна  $\mu_{\max}$ , а первоначальное значение увеличивается (13):

$$h_0 = \mu_{\max} \lambda \ln \left( 1 + \frac{1}{q_0} \right) = -\ln \alpha_0, \quad (13)$$

и достигает логарифма потенциального роста к концу лаг-фазы. В лаг-фазе потенциальная скорость роста  $p(t)$  зависит от физиологического состояния клеток.

Заметим, что, согласно этой модели,  $q(t)$  растет до бесконечности, что биологически невозможно. В модели есть допущение, что в лаг-фазе  $q(t)$  растет согласно кинетике первого порядка, мгновенная скорость которого,  $\mu_{\max}(t)$ , зависит от окружающей среды. Затем в экспоненциальной фазе есть определенный «избыток»  $q(t)$ , но это не влияет на концентрацию клеток, потому что они не могут вырасти быстрее потенциальной удельной скорости роста. Лаг-период описывается функцией  $\alpha(t)$ , зависящей от физиологического состояния инокулята  $q_0$ , которое зависит также как  $\mu_{\max}$  в  $E_2$ . Однако, если окружающая среда изменяется в лаг-фазе, то на функцию  $\alpha(t)$  будет влиять  $E_2(t)$  концепция  $q_0$ , отраженная в формуле (11).

*Оценка предиктивных моделей.* Для оценки первичных предиктивных моделей [15–20] было использовано значение наименьшей ошибки, полученной с помощью квадратного корня (RMSE) (14):

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (\text{предиктив. знач. } i - \text{реальное. знач. } i)^2}{\text{данные } (n) - \text{предлагаемое. знач. } (p)}}. \quad (14)$$

Значение RMSE должно стремиться к нулю.

**Результаты и обсуждение.** На рис. 1. представлены кривые роста *L.monocytogenes* в бульоне Фрейзера с различным содержанием поваренной соли при 37 °С.

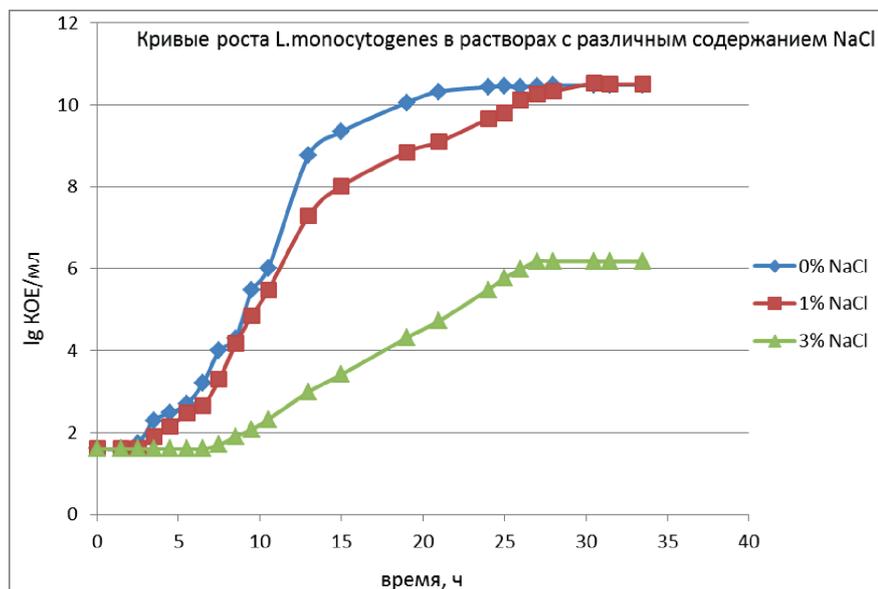


Рис. 1. Кривые роста *L.monocytogenes* в бульоне Фрейзера с  $C_{NaCl}=0\%$  (1), с  $C_{NaCl}=1\%$  (2) и с  $C_{NaCl}=3\%$  (3)

Fig. 1. *L.monocytogenes* growth curves in the Fraser broth with  $C_{NaCl}=0\%$  (1), with  $C_{NaCl}=1\%$  (2) and  $C_{NaCl}=3\%$  (3)

Из рис. 1 видно, что лаг-фаза данных кривых (1) и (2) выражена нечетко, а к моменту времени 30 часов все три кривые выходят в стационарную фазу роста.

На рис. 2–3 представим результаты построения кривых роста *L.monocytogenes* в бульоне Фрейзера с содержанием поваренной соли 1,0% с применением предиктивных моделей первого порядка Барани-Робертса и трилинейной, используемых в программе ComBase с надстройкой DMFit.

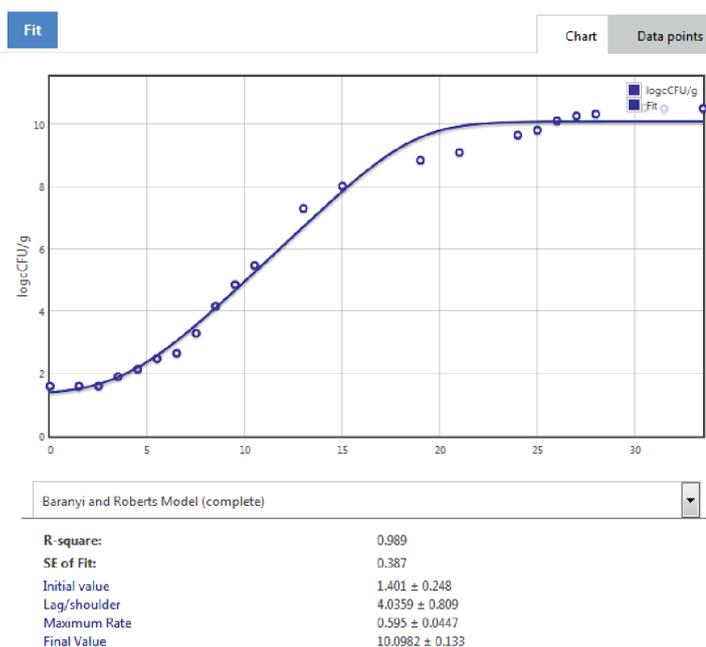


Рис. 2. Кривая роста *L.monocytogenes* в бульоне Фрейзера с концентрацией NaCl=1,0 %, построенная с помощью модели первого порядка Барани-Робертса в программе ComBase  
 Fig. 2. Growth curve of *L.monocytogenes* in Fraser broth with NaCl concentration = 1,0 %, constructed using first-order model Baranyi-Roberts in the ComBase program

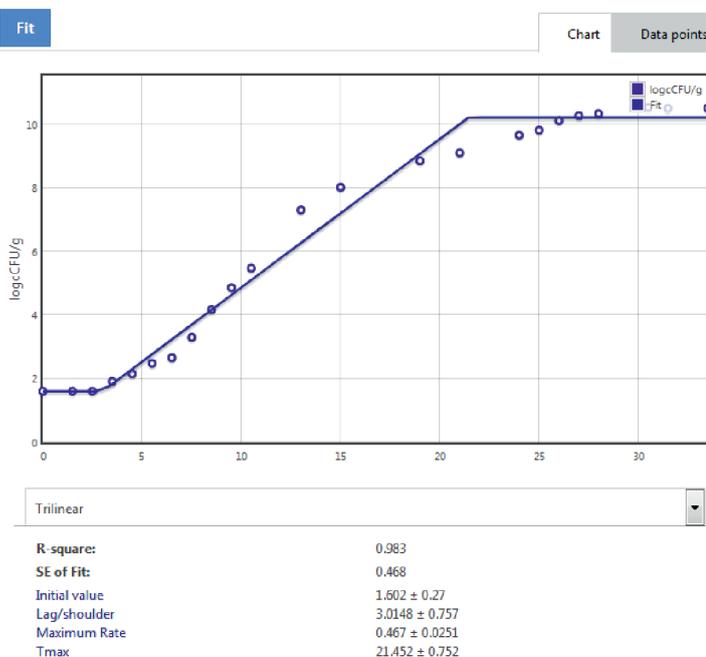


Рис. 3. Кривая роста *L.monocytogenes* в бульоне Фрейзера с концентрацией NaCl=1,0 %, построенная с помощью трилинейной модели первого порядка в программе ComBase  
 Fig. 3. Growth curve of *L.monocytogenes* in Fraser broth with NaCl concentration = 1.0 %, constructed using trilinear first-order model in the ComBase program

Полученные расчетные данные для кривых роста *L.monocytogenes* в бульоне Фрейзера с концентрацией NaCl=0 % и 3,0% получены аналогичным образом и сведены в табл. 1.

Таблица 1. Результаты применения первичных предиктивных моделей роста *L.monocytogenes* в бульоне Фрейзера, содержащем 0 %, 1,0 % и 3,0 % NaCl в программе ComeBase  
Table 1. Results of the application of primary predictive growth models of *L.monocytogenes* in Fraser broth containing 0%, 1.0%, and 3.0% NaCl in ComeBase

Система	Модель	$\text{Log}(N_0)/Y_0^*$	$\text{Log}(N_{\max})/Y_{\max}^*$	$\mu_{\max}$	RMSE
<i>L.monocytogenes</i> в бульоне Фрейзера	Барани и Робертса	$1,735 \pm 0,121$	$10,412 \pm 0,0697$	$0,82 \pm 0,0352$	<b>0,219</b>
	Трилинейная модель	$1,807 \pm 0,15$	$16,28 \pm 0,367$	$0,718 \pm 0,0306$	0,3
<i>L.monocytogenes</i> в бульоне Фрейзера с 1 % NaCl	Барани и Робертса	$1,401 \pm 0,248$	$10,098 \pm 0,133$	$0,595 \pm 0,0447$	0,387
	Трилинейная модель	$1,602 \pm 0,27$	$21,452 \pm 0,752$	$0,46 \pm 0,0251$	0,468
<i>L.monocytogenes</i> в бульоне Фрейзера с 3 % NaCl	Барани и Робертса	$1,543 \pm 0,0379$	$6,245 \pm 0,0502$	$0,263 \pm 0,0065$	0,0872
	Трилинейная модель	$1,602 \pm 0,0113$	$26,921 \pm 0,092$	$0,233 \pm 0,0013$	,0299

На рис. 4 представим результаты построения кривой роста *L.monocytogenes* в бульоне Фрейзера, содержащем 0 % NaCl, с применением предиктивных моделей первого порядка, используемых в программе IPMP 2013 (USA).

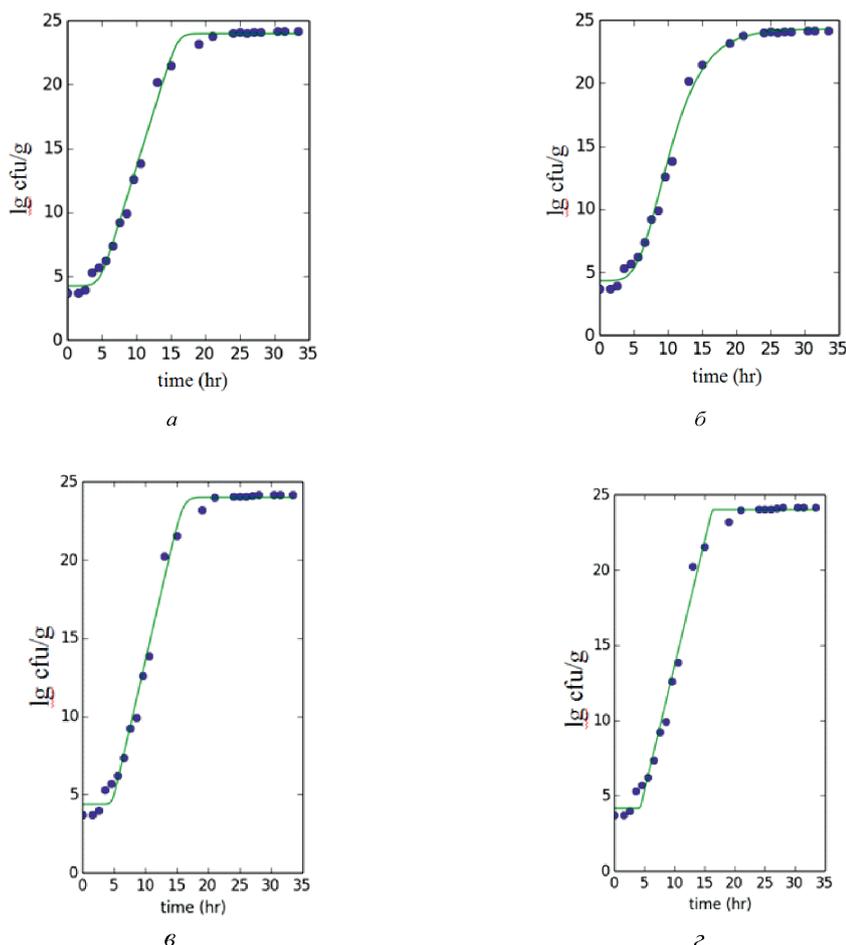


Рис. 4. Кривые роста *L.monocytogenes* в бульоне Фрейзера с концентрацией NaCl=0%, построенные с помощью моделей первого порядка а) Барани; б) Гомперца; в) Хуанга; г) Бучанана (трилинейная модель) в программе IPMP 2013 (USA)

Fig. 4. Growth curves of *L.monocytogenes* in Fraser broth with NaCl concentration = 0%, constructed using first-order models a) Barani; b) Gompertz; c) Huang; d) Buchanan (trilinear model) in IPMP 2013 (USA)

Полученные расчетные данные сведены в табл. 2.

Таблица 2. Результаты применения первичных предиктивных моделей роста *L.monocytogenes* в бульоне Фрейзера, содержащем 0 %, 1,0 % и 3,0 % NaCl в программе IPMP 2013 (USA)  
 Table 2. The results of the application of primary predictive growth models of *L.monocytogenes* in Fraser broth containing 0 %, 1.0 % and 3.0 % NaCl in IPMP 2013 (USA)

Система	Модель	$\ln(N_0)/Y_0^*$	$\ln(N_{max})/Y_{max}^*$	$\mu_{max}$	RMSE
<i>L.monocytogenes</i> в бульоне Фрейзера	Модель Барани	4,23 ± 0,311	23,96 ± 0,194	1,733 ± 0,078	0,614
	Модель Гомперца	4,32 ± 0,298	24,307 ± 0,215	2,077 ± 0,12	0,592
	Модель Хуанга	4,367 ± 0,314	23,968 ± 0,209	1,733 ± 0,082	0,660
	Модель Бучанана	4,162 ± 0,345	23,974 ± 0,218	-	0,69
<i>L.monocytogenes</i> в бульоне Фрейзера с 1 % NaCl	Модель Барани	3,695 ± 0,56	23,146 ± 0,324	1,298 ± 0,097	0,973
	Модель Гомперца	3,46 ± 0,323	24,036 ± 0,251	1,496 ± 0,067	0,506
	Модель Хуанга	3,821 ± 0,518	23,212 ± 0,331	1,242 ± 0,085	0,981
	Модель Бучанана	3,689 ± 0,623	22,729 ± 0,381	-	1,078
<i>L.monocytogenes</i> в бульоне Фрейзера с 3 % NaCl	Модель Барани	3,577 ± 0,08	14,4 ± 0,103	0,592 ± 0,013	0,614
	Модель Гомперца	3,624 ± 0,135	15,406 ± 0,337	0,662 ± 0,032	0,311
	Модель Хуанга	3,698 ± 0,063	14,444 ± 0,098	0,562 ± 0,010	0,17
	Модель Бучанана	3,689 ± 0,026	14,235 ± 0,031	-	0,069

Из полученных данных видно, что наиболее точно кривые роста описываются моделями, имеющими лаг-фазу. Наилучшим образом рост *L.monocytogenes* описывается в бульоне Фрейзера, содержащем 3 % соли (RMSE имеет значения 0,087).

В результате анализа предиктивных моделей, описывающих рост *L.monocytogenes* в бульоне Фрейзера, содержащем различные концентрации соли, можно сделать вывод о том, что скорость роста выше, а следовательно, при одинаковой температуре порча продукта происходит быстрее в бульоне Фрейзера без соли. Увеличение концентрации соли с 0 % до 1, 0% способствует торможению роста микроорганизма на 75 %, а дальнейшее увеличение содержания NaCl с 1,0 % до 3,0 % замедляет рост листерий в 2,27 раза. На основании вышесказанного можно сделать вывод о том, что технологический прием соления замедляет рост листерий в пищевых продуктах.

### Список использованных источников

1. Стрингер, М. Охлажденные и замороженные продукты / М. Стрингер, К. Денис. — СПб. : Профессия, 2004. — 496 с.
2. Ефимочкина, Н.Р. Эмерджентные бактериальные патогены в пищевой микробиологии / Н.Р. Ефимочкина. — Москва: изд-во РАМН. — 2008. — 256 с.
3. Тартаковский, И.С. Листерии: роль в инфекционной патологии человека и лабораторная диагностика / И.С. Тартаковский // Клиническая микробиология и антимикробная химиотерапия. — 2000. — N2. — С. 20–30.
4. Pírez-Rodríguez, F. Predictive Microbiology in Foods / F. Pírez-Rodríguez, A. Valero // Springer Briefs in Food, Health, and Nutrition, New York, USA. — 2013. — 128 p.
5. Краснова, М.А. Исследование динамики развития микроорганизмов при различных температурах для создания модели прогнозирования сроков годности охлажденного мяса / М.А. Краснова // Всероссийская молодежная научная конференция с международным участием: Современные проблемы фундаментальных и прикладных наук. — Кемерово. — 2011. — С. 30–36.
6. Hwang, L. Growth kinetics of *Listeria monocytogenes* in broth and beef frankfurters — determination of lag phase duration and exponential growth rate under isothermal conditions / L. Hwang. — Journal of Food Science. — 2008. — 73. — P. 235–242.
7. Hwang, L. Thermal inactivation of *Listeria monocytogenes* in ground beef under isothermal and dynamic temperature conditions / L. Hwang. — Journal of Food Engineering. — 2009. — P. 380–387.
8. Hwang, L. Evaluating the effect of temperature on microbial growth rate - the Ratkowsky and a Belehrádek type models / L. Hwang, C. Hwang, J.G. Phillips. — Journal of Food Science. 2009. — 76. — P. 547–557.
9. Hwang, L. Effect of temperature on microbial growth rate — thermodynamic analysis, the Arrhenius and Eyring-Polanyi connection / L. Hwang, C. Hwang, J.G. Phillips. — Journal of Food Science. — 2009. — 76. — P. 553–560.
10. Hwang, L. Optimization of a new mathematical model for bacterial growth / L. Hwang. — Food Control. — 2013. — 32. — P. 283–288.

11. Baranyi, J. Mathematics of predictive microbiology / J. Baranyi. — International Journal of Food Microbiology. — 1995. — 26. — P. 199–218.
12. Buchanan, R. Model for the nonthermal inactivation of *Listeria monocytogenes* in a reduced oxygen environment / R. Buchanan, M. Golden. — Food Microbiology. — 1995. — N. 12 — P. 230–212.
13. Buchanan, R. When is simple good enough: a comparison of the Gompertz, Baranyi, and three phase linear models for fitting bacterial growth curves / R. Buchanan, R. Whiting, W. Damert. — Food Microbiology. — 1997. — 14. — P. 313–326.
14. Baranyi, J. A non-autonomous differential equation to model bacterial growth / J. Baranyi, T. Roberts. — International Journal of Food Microbiology. — 1993. — N. 10. — P. 43–59.
15. Albarrachn, W. Salt in food processing; usage and reduction / W. Albarrachn, I. S6nchez, R. Grau, M. Barat. — Journal of Food Science Technology. — 2011. — 46 (7). — P. 1329–1336.
16. Dalgaard, P. Modelling of microbial growth / P. Dalgaard. — International Dairy Federation. — 2009. — N. 433. — P. 45–60.
17. Dalgaard, P. Comparison of maximum specific growth rates and lag times estimated from absorbance and viable count data by different mathematical models / P. Dalgaard, J. Koutsoumanis. — Journal Microbiology Methods. — 2001. — N. 43. — P. 183–196.
18. Le Marc, Y. Modelling the growth kinetics of *Listeria* as a function of temperature, pH and organic acid concentration / Y. Le Marc, V. Huchet, C.M. Bourgeois, J.P. Guyonnet, P. Mafart, D. Thuault. — Journal Food Microbiology. — 2002. — N. 73 (2–3). — P. 219–237.
19. Mejlholm, O. Modeling and predicting the growth boundary of *Listeria monocytogenes* in lightly preserved seafood / O. Mejlholm, P. Dalgaard. — Journal Food Protection. — 2007. — N. 70 (1). — P. 70–84.
20. Mejlholm, O. Predicting growth rates and growth boundary of *Listeria monocytogenes* an international validation study with focus on processed and ready-to-eat meat and seafood / O. Mejlholm, A. Gunvig, C. Borggaard, J. Blom-Hanssen, L. Mellefont, T. Ross, F. Leroi, T. Else, D. Visser, P. Dalgaard. — International Journal Food Microbiology. — 2010. — N. 141 (3). — P. 137–150.

### References

1. Stringer M. Chilled and Frozen Food. *St. Petersburg: Profession*, 2004, 496 p. (in Russian).
2. Efimochkina N.R. Emergent bacterial pathogens in food microbiology. *Moscow: Publishing House of the Russian Academy of Medical Sciences*, 2008, 256 p. (in Russian).
3. Tartakovsky I.S. *Listeria*: a role in human infectious pathology and laboratory diagnosis. *Clinical Microbiology and Antimicrobial Chemotherapy*, 2000, no.2, pp. 20–30 (in Russian).
4. P6rez-Rodr6guez F, Valero A. Predictive Microbiology in Foods. *Springer Briefs in Food, Health, and Nutrition, New York, USA*, 2013, 128 p.
5. Krasnova M.A. Study of the dynamics of the development of microorganisms at various temperatures to create a model for predicting the shelf life of chilled meat. *All-Russian Youth Scientific Conference with International Participation: Modern Problems of Fundamental and Applied Sciences*, 2011, pp. 30–36 (in Russian).
6. Hwang L. Growth kinetics of *Listeria monocytogenes* in broth and beef frankfurters — determination of lag phase duration and exponential growth rate under isothermal conditions. *Journal of Food Science*, 2008, vol.73, pp. 235–242.
7. Hwang L. Thermal inactivation of *Listeria monocytogenes* in ground beef under isothermal and dynamic temperature conditions. *Journal of Food Engineering*, 2009, pp. 380–387.
8. Hwang L. Evaluating the effect of temperature on microbial growth rate — the Ratkowsky and a Belehr6dek type. *Journal of Food Science*, 2009, vol.76, pp. 547–557.
9. Hwang L. Effect of temperature on microbial growth rate — thermodynamic analysis, the Arrhenius and Eyring-Polanyi connection. *Journal of Food Science*, 2009, vol.76, pp. 553–560.
10. Hwang L. Optimization of a new mathematical model for bacterial growth. *Food Control*, 2013, vol.32, pp. 283–288.
11. Baranyi J. Mathematics of predictive microbiology. *International Journal of Food Microbiology*, 1995, vol. 26, pp. 199–218.
12. Buchanan R., Golden M. Model for the non thermal inactivation of *Listeria monocytogenes* in a reduced oxygen environment. *Food Microbiology*, 1995, no.12, pp. 230–212.
13. Buchanan R., Whiting R., Damert W. When is simple good enough: a comparison of the Gompertz, Baranyi, and three phase linear models for fitting bacterial growth curves. *Food Microbiology*, 1997, vol.14, pp. 313–326.
14. Baranyi J., Roberts T. A non-autonomous differential equation to model bacterial growth. *International Journal of Food Microbiology*, 1993, no.10, pp. 43–59.
15. Albarrachn W., S6nchez I, Grau R, Barat M. Salt in food processing; usage and reduction. *Journal of Food Science Technology*, 2011, vol.46 (7), pp. 1329–1336.

16. Dalgaard P. Modelling of microbial growth. *International Dairy Federation*, 2009, no.43, pp. 45–60.
17. Dalgaard P., Koutsoumanis J. Comparison of maximum specific growth rates and lag times estimated from absorbance and viable count data by different mathematical models. *Journal Microbiology Methods*, 2001, no.43, pp. 183–196.
18. Le Marc Y., Huchet V., Bourgeois C.M., Guyonnet J.P., Mafart P., Thuault D. Modelling the growth kinetics of *Listeria* as a function of temperature, pH and organic acid concentration. *Journal Food Microbiology*, 2002, no.73 (2–3), pp. 219–237.
19. Mejlholm O., Dalgaard P. Modeling and predicting the growth boundary of *Listeria monocytogenes* in lightly preserved seafood. *Journal Food Protection*, 2007, no.70 (1), pp. 70–84.
20. Mejlholm O., Gunvig A., Borggaard C., Blom-Hanssen J., Mellefont L., Ross T., Leroi F., Else T., Visser D., Dalgaard P. Predicting growth rates and growth boundary of *Listeria monocytogenes* an international validation study with focus on processed and ready-to-eat meat and seafood. *International Journal Food Microbiology*, 2010, no.141 (3), pp. 137–150.

#### Информация об авторах

*Почицкая Ирина Михайловна* — кандидат сельскохозяйственных наук, начальник Республиканского контрольно-испытательного комплекса по качеству и безопасности продуктов питания РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (220037, Республика Беларусь, г. Минск, ул. Козлова, 29). E-mail: pochitskaja@yandex.ru.

*Лобазова Ирина Евгеньевна* — кандидат химических наук, заведующая лабораторией микробиологических исследований Республиканского контрольно-испытательного комплекса по качеству и безопасности продуктов питания РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (220037, Республика Беларусь, г. Минск, ул. Козлова, 29). E-mail: lobazova@mail.ru.

#### Information about authors

*Pochitskaya Iryna M.* — Ph.D. (Agricultural), the head of the Republican control and testing complex for foodstuffs quality and safety of RUE «Scientific-Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus» (29, Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: pochitskaja@yandex.ru.

*Labazava Iryna E.* — PhD (Chemist) the head of the Microbiological laboratory of the Republican control and testing complex for foodstuffs quality and safety of RUE «Scientific-Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus» (29, Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: lobazova@mail.ru.

**В.Я. Груданов, А.Б. Торган, И.Е. Дацук, П.В. Станкевич**

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

## **ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ТЕСТА НА ПРОЧНОСТЬ, ЖЕСТКОСТЬ И ПРОГИБ КРУГЛЫХ МАТРИЦ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА МАКАРОННЫХ ИЗДЕЛИЙ**

**Аннотация.** В статье приводятся преимущества высокотемпературного режима замеса и формования макаронных изделий, при этом нагрев корпуса матриц достигает 110–120 °С, что обуславливает значительные температурные деформации (прогиб) рабочей поверхности. Показано применение теории упругости в температурных деформациях пластин для двух случаев: 1) температура корпуса матрицы меняется по толщине пластины; 2) температура корпуса матрицы меняется в радиальном направлении. При этом получены теоретические формулы для определения кривизны шаровой изогнутой поверхности, изгибающих моментов и наибольших температурных напряжений. Приведены результаты экспериментальных исследований по определению прогиба (коробления) опытных образцов круглых пластин толщиной 2, 3 и 4 мм и диаметром 300 мм в двух исполнениях: сплошных и составных. Получены экспериментальные формулы для определения прогиба сплошных и составных пластин, установлено, что зависимость прогиба пластин от степени нагрева носит полиномиальный характер. Теоретически обосновано и экспериментально подтверждено, что круглые составные матрицы (пластины) из-за наличия сквозного концентрического зазора имеют меньший прогиб срединной поверхности, повышенную жесткость и усиленную прочность корпуса. Новые технические решения на составные матрицы защищены патентами РБ на изобретения № 17855, 18195, 19138 и 21246.

**Ключевые слова:** матрица, температура теста, высокотемпературный режим замеса, теория упругости, прогиб срединной поверхности, температурные напряжения, переменный радиус, относительная деформация, изгибающие моменты, составная матрица, температурный концентрический зазор, цилиндрическая жесткость, модуль упругости

**V.Ya. Grudanov, A.B. Torgan, I.E. Datsuk, P.V. Stankevich**

*The Belarusian State Agrarian Technical University, Minsk, Republic of Belarus*

## **INFLUENCE OF TEST TEMPERATURE ON STRENGTH, RIGIDITY AND BENDING OF ROUND MATRIXES FOR PRODUCTION OF PASTA**

**Abstract.** The article presents the advantages of high-temperature kneading and molding of pasta, while the heating of the matrix body reaches 110–120 °С, which causes significant temperature deformation (deflection) of the working surface. The application of the theory of elasticity in the temperature deformations of plates is shown for two cases: — the temperature of the matrix body varies along the plate thickness; — the temperature of the matrix body changes in the radial direction, while theoretical formulas are obtained for determining the curvature of a spherical curved surface, bending moments and the highest temperature stresses. The results of experimental studies to determine the deflection (warping) of prototypes of round plates with a thickness of 2, 3 and 4 mm and a diameter of 300 mm in two versions: solid and composite. Experimental formulas are obtained for determining the deflection of continuous and composite plates, while the dependence of the deflection of the plates on the degree of heating is polynomial. It is theoretically grounded and experimentally confirmed that round composite matrices (plates), due to the presence of a through concentric gap, have a smaller deflection of the middle surface, increased rigidity and enhanced strength of the housing. New technical solutions for composite matrices are protected by patents of the Republic of Belarus for inventions No. 17855, 18195, 19138 and 21246.

**Keywords:** matrix, test temperature, high temperature kneading, elasticity theory, deflection of the middle surface, temperature stresses, variable radius, relative deformation, bending moments, composite matrix, temperature concentric gap, cylindrical stiffness, elastic modulus

**Введение.** Известно, что традиционные режимы замеса и резания технологического полуфабриката допускают повышение температуры теста перед матрицей до 50–55 °С, исходя из того, что при больших температурах происходят денатурация белковых веществ, потери связующих свойств клейковины, следовательно, ослабление структуры макаронных изделий. Однако, денатурация белка, связанная с деструкцией белковых молекул, происходит в большей степени за счет механического трения шнека об уплотненную тестовую массу и интенсивного смещения внутренних слоев теста, т.е. в результате перетирания теста. Поэтому были проведены исследования возможностей использования высокотемпературных режимов замеса (ВТРЗ) макаронного теста [1].

Нагрев макаронного теста перед его уплотнением в шнековой камере пресса увеличивает пластичность и текучесть теста, что приводит к росту скорости выпрессовывания изделий, т.е. к росту производительности пресса. Это характерно и для температур, превышающих 50–55 °С, которые ранее считали оптимальными для достижения наибольшей производительности шнекового пресса. Однако при температуре замеса теста выше 65–70 °С наблюдается заметное снижение варочных свойств макаронных изделий в результате ослабления клейковинной массы структуры изделий. Поэтому оптимальной, по мнению Г.М. Медведева, температурой макаронного теста после замеса на шнековых прессах является температура около 60 °С, с тем, чтобы перед матрицей она составила не более 65 °С с учетом прироста температуры теста в шнековой камере при таких условиях замеса примерно на 5 °С. Такой режим называется высокотемпературным режимом замеса [2].

Высокотемпературный режим замеса макаронного теста наряду с сохранением качества изделий дает следующие преимущества по сравнению с традиционным низкотемпературным режимом замеса:

- ♦ на 10–15 % увеличивается производительность пресса;
- ♦ предотвращается выпрессовывание белесых изделий вследствие повышения пластичности теста;
- ♦ не требуется расхода воды на охлаждение шнековой камеры, сокращается продолжительность сушки изделия;
- ♦ улучшается цвет изделий в результате частичной тепловой инактивации фермента полифенолоксидазы.

Здесь важно отметить, что при прохождении полуфабриката через матрицу без тефлоновых вставок минимальные потери сухих веществ установлены при температуре матрицы 110–120 °С, так как изделия имеют абсолютно гладкую поверхность. В целом увеличение температуры матрицы с 45–50 до 100–110 °С снижает продолжительность варки изделия до готовности с 8–9 до 6–7 мин и увеличивает прочность сваренных изделий на срез с 60–80 до 100–120 кПа.

Вместе с тем следует подчеркнуть, что при переходе на высокотемпературный режим формования и нагрева матрицы до 110–120 °С, ее корпус подвергается значительным температурным деформациям, которые проявляются, прежде всего, в прогибе (выпучивании) срединной рабочей поверхности (до 5 мм), что увеличивает процент отходов в виде концов [3].

**Предварительные сведения. Теория упругости, основные положения и допущения. Новые технические решения.** Теория упругости имеет целью аналитическое изучение напряженно-деформированного состояния упругого тела. С помощью теории упругости могут быть проверены решения, полученные с использованием допущений сопротивления материалов, и установлены границы применимости этих решений. Иногда разделы теории упругости, в которых рассматривается вопрос о пригодности детали, но с использованием достаточно сложного математического аппарата (расчет пластин, оболочек, массивов), относится к прикладной теории упругости.

В математической линейной теории упругости исходят из следующих допущений:

- ♦ о непрерывности (сплошности) среды;
- ♦ о естественном состоянии, на основании которого начальное напряженное (деформированное) состояние тела не учитывается;
- ♦ об однородности, на основании чего предполагается, что состав тела одинаков во всех точках;
- ♦ о шаровой изотропности, на основании которого считается, что механические свойства материала одинаковы по всем направлениям;
- ♦ об идеальной упругости, на основании которого предполагается полное исчезновение деформации после снятия нагрузки;
- ♦ о линейной зависимости между составляющими деформациями и напряжениями.

При решении задач теории упругости пользуются теоремой о единственности решения: если заданные поверхностные и объемные силы находятся в равновесии, им соответствует одна единственная система напряжений и перемещений.

При решении задач теории упругости также часто пользуются принципом Сен-Венана: если внешние силы, приложенные на небольшом участке упругого тела, заменить действующей на том же участке статически эквивалентной системой сил, то эта замена вызовет лишь изменение внешних деформаций.

**Новые технические решения.** Основы теории упругости рассмотрим применительно к новой конструкции матриц для производства макаронных изделий. На рис. 1 представлена трехмерная модель составной матрицы.

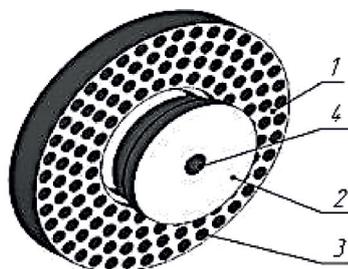


Рис. 1. Трехмерная модель составной матрицы: 1 — корпус матрицы; 2 — основание матрицы; 3 — формующие колодцы; 4 — центральное отверстие

Fig. 1. 3D model of the composite matrix: 1 — matrix body; 2 — matrix base; 3 — wells; 4 — center hole

Как видно из рис. 1 составная матрица состоит из двух частей: большей, имеющей вид кольца и меньшей, выполненной в виде круглого основания, при этом меньшая устанавливается внутри большей со сквозным ступенчатым зазором, а колодцы с формующими механизмами расположены только на большей, кольцевой части и расположены по концентрическим окружностям.

Для установления влияния температуры теста на прочность, жесткость и прогиб составной матрицы воспользуемся допущениями теории упругости и заменим корпус матрицы круглой пластиной.

**Теория упругости в температурных деформациях матрицы (пластины). Построение математических моделей.** Температура в какой-либо точке круглой пластины является функцией двух переменных: радиуса  $x$  и расстояния  $z$  от точки до срединной плоскости. В силу линейности основных уравнений для температурных деформаций, напряжения, вызванные радиальным изменением температуры ( $tx_2 - tx_1$ ) и изменением температуры по толщине ( $t_2 - t_1$ ), можно вычислить отдельно, а затем алгебраически суммировать.

Рассмотрим два случая изменения температуры:

1. Температура одинакова для всех точек, расположенных на одинаковом расстоянии  $z$  от срединной плоскости, но меняется по толщине пластины по прямолинейному закону.

2. Температура постоянна по толщине, не зависит от полярного угла  $\theta$ , но меняется в зависимости от расстояния  $x$  между точкой и центром пластины [3, 4, 5].

Первая модель. При одинаковом во всех точках пластины  $\Delta t = t_2 - t_1$ , подчиняющемся прямолинейному закону (рис. 2), перемещение этих точек пластины, связанное с ее расширением или сжатием, происходит также одинаково по всем направлениям в плане.

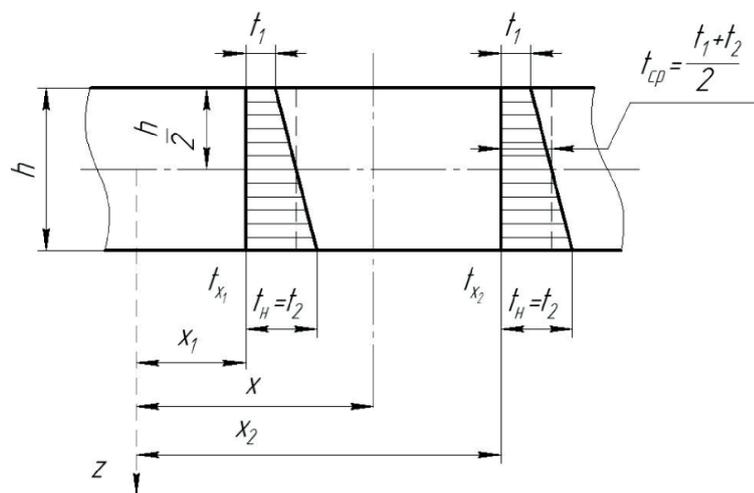


Рис. 2. Изменение температуры корпуса матрицы по толщине

Fig. 2. The temperature change of the matrix body thickness

В случае повышения температуры нижняя поверхность пластины получает большее расширение, чем верхняя и пластина изгибается по шаровой поверхности радиусом  $\rho$  выпуклостью вниз.

На основании допущения о прямых нормалях можно считать, что относительная деформация  $\varepsilon$  (по отношению к срединному слою) происходит по наружной поверхности в любом направлении.

$$\varepsilon = \left( \frac{z}{\rho} \right)_{z=\frac{h}{2}} = \frac{h}{2\rho}, \quad (1)$$

где  $\rho$  — кривизна изогнутой поверхности;  $h$  — толщина матрицы (пластины).

С другой стороны, относительная температурная деформация  $\varepsilon$  отрезка длиной  $l$  на наружной поверхности по отношению к срединному слою:

$$\varepsilon = \frac{alt_n - alt_{cp}}{l} = a(t_n - t_{cp}) = a\left(t_2 - \frac{t_2 + t_1}{2}\right) = a\left(\frac{t_2 - t_1}{2}\right) = a\frac{\Delta t}{2}, \quad (2)$$

где  $a$  — температурный коэффициент линейного расширения материала пластины;  $l$  — длина отрезка пластины;  $t_n = t_2$  — температура наружной поверхности матрицы;  $t_{cp}$  — средняя температура матрицы;  $t_1$  — температура поверхности матрицы со стороны подачи теста;  $\Delta t$  — разность температур  $t_2 - t_1$ .

Приравняв выражение (1) и (2), можно получить формулу для определения кривизны шаровой изогнутой поверхности:

$$\frac{1}{\rho} = \frac{a\Delta t}{h}. \quad (3)$$

Если пластина закреплена, на контуре возникнут погонные изгибающие моменты  $M_r$ , уничтожающие кривизну, вызванную неравномерным нагревом.

При сферическом изгибе моментами  $M_r$ , кривизна:

$$\frac{1}{\rho} = \frac{M_r}{D(1+\mu)}, \quad (4)$$

где  $M_r$  — погонный изгибающий момент;  $D$  — цилиндрическая жесткость матрицы;  $\mu$  — коэффициент Пуассона для материала матрицы.

Приравняв выражения (3) и (4), получим формулу для определения погонного изгибающего момента:

$$M_r = \frac{D(1+\mu)a\Delta t}{h},$$

а разделив это выражение на момент сопротивления (для круглой пластины  $W = \frac{\pi d^3}{32}$ ) и подставив значение цилиндрической жесткости  $D = \frac{Eh^3}{12(1-\mu^2)}$ , определим наибольшее напряжение:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_r}{W} = \frac{Eh^3}{12(1-\mu^2)} \cdot \frac{(1+\mu)a\Delta t}{h} \cdot \frac{32}{\pi d^3} = \frac{8Eh^2(1+\mu)a\Delta t}{3(1-\mu^2)\pi d^3}, \quad (5)$$

где  $W$  — момент сопротивления матрицы.

Вторая модель. Круглая пластина подвергается действию температуры, имеющей радиальный переход (рис. 3) на большей части пластины.

В дальнейшем  $t_{(x)}$  обозначим для краткости  $t$ , напряженное состояние пластины считаем плоским, т.е. полагаем  $\sigma_z = 0$  в силу симметрии условий и расчетной схемы перемещения  $u$  зависят только от радиуса  $x$ , а перемещения  $v$  равны нулю. Поэтому относительные деформации:

$$\left. \begin{aligned} \varepsilon_r &= \frac{du}{dx} = \frac{1}{E}(\sigma_r - \mu\sigma_T) + at \\ \varepsilon_T &= \frac{u}{x} = \frac{1}{E}(\sigma_T - \mu\sigma_r) + at \end{aligned} \right\}, \quad (6)$$

где  $\sigma_r$  — радиальное нормальное напряжение;  $\sigma_T$  — окружное нормальное напряжение.

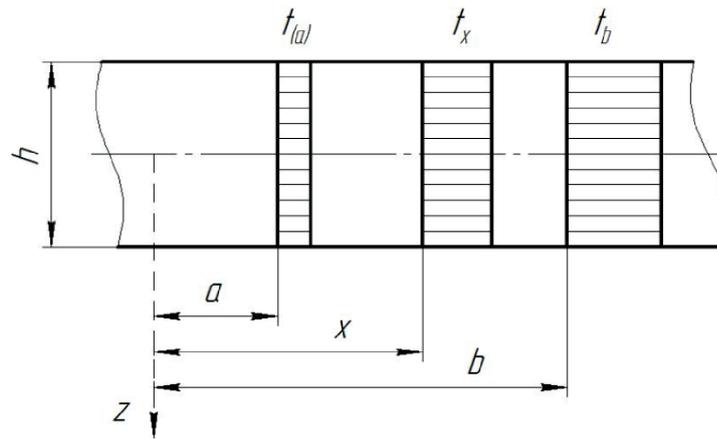


Рис. 3. Схема круглой пластины с радиальным изменением температуры  
 Fig. 3. Scheme of a circular plate with a radial temperature change

Если решить первые два уравнения (6) относительно  $\sigma_r$  и  $\sigma_T$  можно получить:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_r &= \frac{E}{1-\mu^2} \left[ \frac{du}{dx} + \mu \frac{u}{x} - (1+\mu)at \right] \\ \sigma_T &= \frac{E}{1-\mu^2} \left[ \frac{u}{x} + \mu \frac{du}{dx} - (1+\mu)at \right] \\ \tau_{rT} &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

Подстановка значений (7) в уравнение равновесия  $\Sigma_r = 0$  плоской задачи в полярных координатах, принимающее в данном случае ( $\rho = x$ ) вид

$$\frac{d\sigma_r}{dx} - \frac{\sigma_r - \sigma_T}{x} = 0$$

приводит к следующему дифференцированному уравнению для радиального перемещения:

$$\frac{d^2u}{dx^2} + \frac{1}{x} \frac{du}{dx} - \frac{u}{x^2} = (1+\mu)a \frac{dt}{dx}.$$

Для интегрирования этого уравнения левая его часть записывается так:

$$\frac{d}{dx} \left[ \frac{1}{x} - \frac{d}{dx}(xu) \right] = (1+\mu)a \frac{dt}{dx}. \quad (8)$$

Первое и второе интегрирование (8) дает

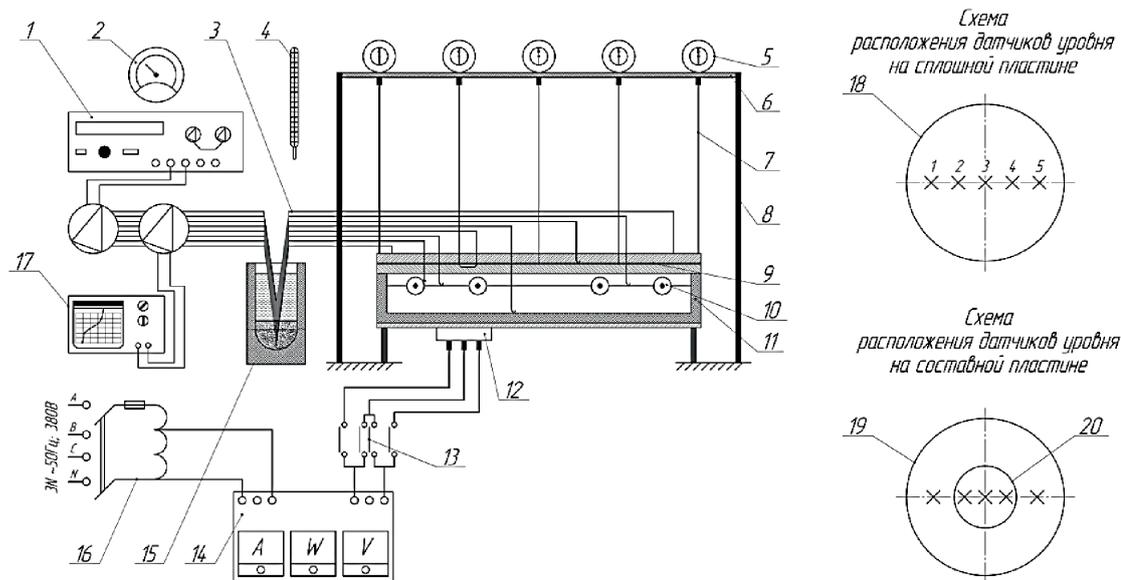
$$u = \frac{(1+\mu)a^x}{x} \int_a^x t(x_1) dx_1 + \frac{1}{2} C_1 x + \frac{C_2}{x}. \quad (9)$$

В выражении (9) через  $x_1$  обозначен переменный радиус, определяющий точки, расположенные между  $a$  и  $x$ . Если подставить это выражение в формулы (7), то получатся следующие выражения для температурных напряжений:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_r &= \frac{Ea^x}{x^2} \int_a^x t(x_1) x_1 dx_1 + \frac{EC_1}{2(1-\mu)} - \frac{EC_2}{2(1+\mu)x^2} \\ \sigma_T &= \frac{Ea^x}{x^2} \int_a^x t(x_1) x_1 dx_1 - Eat(x) + \frac{EC_1}{2(1-\mu)} + \frac{EC_2}{(1+\mu)x^2} \\ \tau_{rT} &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

Постоянные  $C_1$  и  $C_2$  определяются из граничных условий на контурах пластины. Если отверстия радиусом  $a$  в пластине нет, то интегрирование в формулах (10) выполняется в пределах от нуля до  $x$  [6, 7, 8].

**Экспериментальные исследования температурных напряжений в круглых матрицах и обсуждение их результатов.** Для подтверждения теоретических предпосылок, изложенных выше, был разработан, изготовлен и налажен экспериментальный стенд, установленный в научно-исследовательской лаборатории кафедры технологий и технического обеспечения процессов переработки сельскохозяйственной продукции. На рис. 4 представлена принципиально-конструктивная схема экспериментального стенда для исследования температурных деформаций опытных образцов круглых пластин.



**Рис. 4.** Схема экспериментального стенда для исследования температурных деформаций круглых пластин: 1 — милливольтметр Щ-31; 2 — барометр; 3 — термопары; 4 — термометр; 5 — датчик уровня ИЧ-10МК; 6 — тепловая изоляция; 7 — удлинительные стержни; 8 — опора; 9 — рабочая поверхность электроконфорки; 10 — нагревательные элементы; 11 — тепловая изоляция; 12 — клеммная колодка; 13 — пакетный переключатель; 14 — комплект приборов К-505; 15 — сосуд Дьюара; 16 — трансформатор; 17 — электронный потенциометр КСН-4; 18 — пластина круглая сплошная; 19 — пластина круглая составная; 20 — температурный зазор

**Fig. 4.** Scheme of an experimental stand for studying the temperature deformations of round plates: 1 — millivoltmeter SH-31; 2 — barometer; 3 — thermocouples; 4 — thermometer; 5 — level sensor ICH-10MK; 6 — thermal insulation; 7 — extension rods; 8 — support; 9 — working surface of the electric burner; 10 — heating elements; 11 — thermal insulation; 12 — terminal block; 13 — packet switch; 14 — a set of devices K-505; 15 — Dewar vessel; 16 — transformer; 17 — electronic potentiometer KSN-4; 18 — a round solid plate; 19 — round composite plate; 20 — temperature gap

Основу стенда составляет нагревательное устройство, в качестве которого была использована электроконфорка — нагревательная плита ЛАБ-ПН-01 с рабочей поверхностью из алюминийевого сплава, предназначенная для безопасного нагрева опытных образцов круглых пластин. Данный тип плиты обеспечивает равномерное распределение температуры по всей рабочей поверхности, при этом нагревательный элемент изолирован и позволяет быстро разогреть платформу до 400 °С, а электронный терморегулятор поддерживает температуру рабочей поверхности с точностью до ± 5 °С.

Технические характеристики нагревательной плиты ЛАБ-ПН-01:

1. Максимальная температура нагрева 400 °С.
2. Разница температур по платформе, не более ± 5°С.
3. Размеры нагревательной платформы 430 x 310 мм.
4. Размеры лотка (для ЛАБ-ПН-01 Б) 430 x 310 x 50 мм.
5. Потребляемая мощность 2600 Вт.
6. Материал платформы алюминий.
7. Габаритные размеры (без лотка) 470 x 460 x 130 мм.
8. Масса 15 кг.

Над рабочей поверхностью электроконфорки через удлинительные стержни установлены датчики уровня ИЧ-10МК часового типа, предназначенные для измерения линейных размеров абсолютным и относительным методами, определения величины отклонений от заданной геометрической формы и взаимного расположения поверхностей (коробления).

Для измерения температуры рабочей поверхности плиты был использован прибор АК ИП-9303 — инфракрасный (ИК) бесконтактный радиационный термометр для промышленного и бытового применения (пирометр). Данный тип прибора широко применяется в пищевой индустрии для оценки термических процессов.

Для наведения на объект в приборе применяется одноточечный лазерный целеуказатель.

С помощью прибора АК ИП-9303 можно бесконтактно измерять температуру объекта до +535 °С при базовой погрешности ± 2 %.

Одновременно температура плитного настила контролировалась термопарами с клеммной головкой типа ТХА-1199/15 с диаметром горячего спая 1,5 мм при длине монтажной части 800–1000 мм.

На рис. 5 показан общий вид экспериментального стенда. В качестве опытных образцов были использованы круглые пластины толщиной 2, 3 и 4 мм и диаметром 100, 200 и 300 мм в двух вариантах: сплошные и разрезные (составные), изготовленные из нержавеющей стали 12Х18Н10Т (ГОСТ 5632-72).

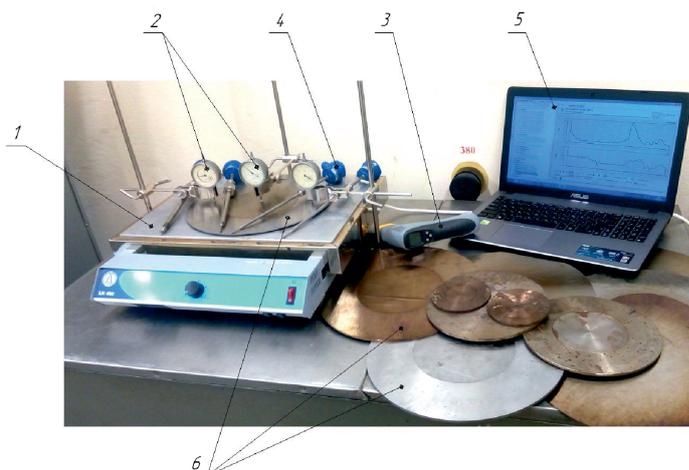


Рис. 5. Общий вид экспериментального стенда: 1 — нагревательные элементы (плита электрическая типа ЛАБ-ПН-01); 2 — индикатор часового типа ИЧ-10МК; 3 — измеритель температуры АК ИП-9303; 4 — термопары ТХА-1199/15; 5 — компьютер ASUS-X550C; 6 — пластины (опытные образцы)

Fig. 5. General view of the experimental stand: 1 — heating elements (electric stove type LAB-PN-01); 2 — indicator of the sentry type ICh-10MK; 3 — temperature meter AKIP-9303; 4 — thermocouples TXA-1199/15; 5 — computer ASUS-X550C; 6 — plates (prototypes)

Цель проведения экспериментальных исследований — определить влияние температурных зазоров на величину коробления (прогиба) поверхности пластины.

Обработка, обобщение и систематизация экспериментальных данных выявила следующие закономерности.

На рис. 6 представлены обобщенные данные по экспериментальному нагреву пластины сплошной 2, 3 и 4 мм при наружном диаметре  $D = 300$  мм.

Из графиков (рис. 6) следует, что с увеличением толщины пластины прогиб ее срединной поверхности от воздействия температуры уменьшается. Так, например, при толщине пластины 2 мм с увеличением температуры нагрева конфорки от 100 до 400 °С ее прогиб изменяется с 0,12 до 0,31 мм; при толщине пластины 3 мм и росте температуры от 100 до 400 °С прогиб изменяется от 0,054 до 0,25 мм, а при толщине пластины 4 мм и увеличении температуры от 100 до 400 °С прогиб изменяется от 0,05 до 0,18 мм.

Характер графиков описывается полиномиальной зависимостью, а именно:

- при толщине сплошной пластины толщиной 2 мм:

$$\sigma = 0,0025t^2 + 0,0525t + 0,0575;$$

- при толщине сплошной пластины толщиной 3 мм:

$$\sigma = 0,0025t^2 + 0,0635t + 0,0125;$$

- при толщине сплошной пластины толщиной 4 мм:

$$\sigma = 0,0075t^2 + 0,0095t + 0,0375.$$

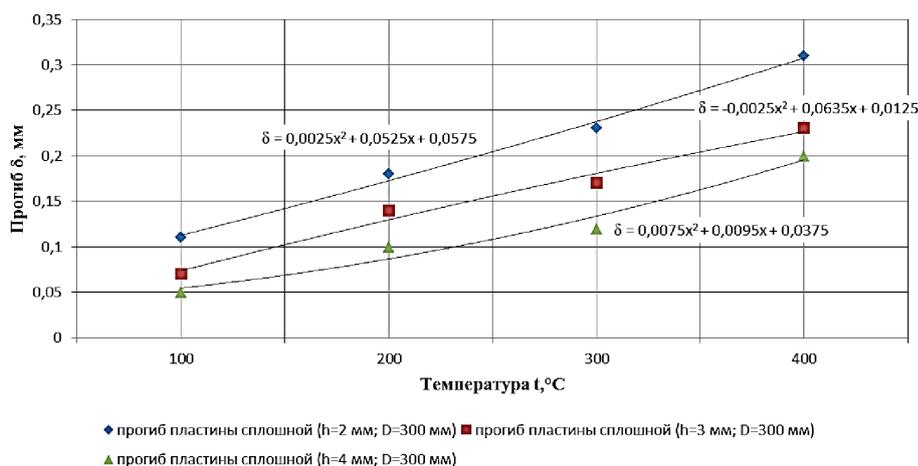


Рис. 6. Экспериментальная зависимость прогиба сплошной пластины от степени нагрева  
 Fig. 6. Experimental dependence of the deflection of a continuous plate on the degree of heating

Одновременно были проведены экспериментальные исследования составных пластин с наружным диаметром D = 300 мм и толщиной 2, 3 и 4 мм. На рис. 7 представлены графические обобщенные данные по нагреву составных пластин.

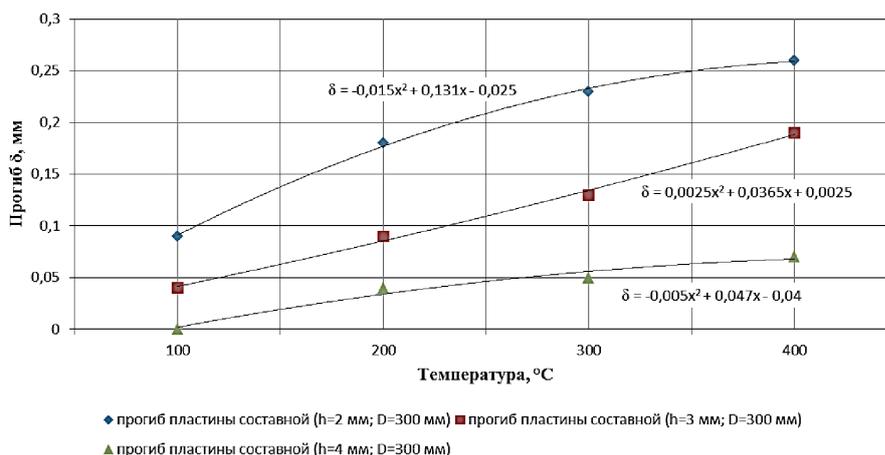


Рис. 7. Экспериментальная зависимость прогиба составных пластины от степени нагрева  
 Fig. 7. Experimental dependence of the deflection of composite plates on the degree of heating

Из рис. 7 следует, что составные пластины благодаря наличию температурного концентрического зазора подвержены значительно меньшим тепловым деформациям, при этом характер кривых более точно описывается также полиномиальной зависимостью, а именно:

- ♦ при толщине составной пластины толщиной 2 мм:

$$\delta = 0,015t^2 + 0,131t - 0,025;$$

- ♦ при толщине составной пластины толщиной 3 мм:

$$\delta = 0,0025t^2 + 0,0365t - 0,0025;$$

- ♦ при толщине составной пластины толщиной 4 мм:

$$\delta = 0,005t^2 + 0,047t - 0,04.$$

Сравнение экспериментальных данных и их анализ показывает, что наличие зазора снижает прогиб составных пластин:

- ♦ при толщине 2 мм и температуре нагрева 400 °C с 0,31 до 0,26 мм;
- ♦ при толщине 3 мм и температуре нагрева 400 °C с 0,28 до 0,18 мм;
- ♦ при толщине 4 мм и температуре нагрева 400 °C с 0,18 до 0,05 мм.

Таким образом, экспериментальным путем установлено положительное влияние температурного зазора на снижение тепловых деформаций в пластинах, в частности на снижение величины коробления — прогиба срединной поверхности.

**Заключение.** Теоретически обосновано и экспериментально подтверждено, что круглые составные матрицы (пластины) из-за наличия сквозного концентрического зазора имеют меньший прогиб рабочей поверхности, повышенную жесткость и усиленную прочность корпуса, одновременно сквозной зазор снижает температурные деформации рабочей (нижней) поверхности корпуса матрицы, т.е. оказывает явно положительный эффект на процесс формования макаронных изделий.

Впервые получены эмпирические полиномиальные уравнения для определения прогиба срединной поверхности матрицы в зависимости от температуры нагрева и толщины корпуса.

Новые конструкции составных матриц целесообразно использовать в прессах технологических линий зарубежных фирм Италии, Швейцарии, Австрии, Франции и др., в которых установлены круглые матрицы с наружным диаметром 520 и 610 мм и толщиной соответственно 110 и 140 мм — для таких матриц вопросы прогиба срединной рабочей поверхности корпуса особенно актуальны.

Новые технические решения на составные матрицы защищены патентами на изобретения РБ №№ 17855, 18195, 19138 и 21246 [9, 10, 11, 12].

### Список использованных источников

1. Назаров, Н.И. Технология макаронных изделий: учебник для вузов / Н.И. Назаров. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Пищевая промышленность, 1978. — 286 с.
2. Медведев, Г.М. Технология макаронного производства: учебник для вузов / Г.М. Медведев. — М.: Колос, 1998. — 272 с.
3. Сергеев, Б.М. Расчеты на прочность деталей машин пищевых производств / Б.М. Сергеев. — М.: Машиностроение, 1969. — 143 с.
4. Алфутов, Н.А. Основы расчета на устойчивость упругих систем / Н.А. Алфутов. — М.: Машиностроение, 1978. — 312 с.
5. Муштарп, Х.М. Средний изгиб пологой оболочки, прямоугольной в плане и опирающейся на гибкие в своей плоскости ребра / Х.М. Муштарп // Известия КФАН СССР, сер. физ.-матем. и техн. наук. — 1958. — № 12.
6. Корнишик, М.С. О выборе выражений для касательных составляющих перемещения при решении задач теории оболочек вариационными методами / М.С. Корнишик // Известия КФАН СССР, сер. физ.-матем. и техн. наук. — 1958. — № 12.
7. Ганеева, М.С. Большие прогибы прямоугольных пластин под действием равномерного нормального давления при неравномерном нагреве / М.С. Ганеева // Тр. конф. по теории пластин и оболочек. — 1961. — вып. 1. — С. 101–106.
8. Levy, S. Large Deflection Theory for Rectangular Plates / S. Levy // Proceedings of Symposia in Applied Mathematics. — 1949. — Vol. 1.
9. Матрица для производства макаронных изделий: Пат. 17855 Республики Беларусь. МПК А21С11/16 / В.Я. Груданов, В.М. Поздняков, А.А. Бренч, П.В. Станкевич; заявитель Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный технический университет»; заявл. 21.04.2011, опубликовано 30.12.2013 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэл. уласн. — 2013. — № 12.
10. Матрица для производства макаронных изделий: Пат. 18195 Республики Беларусь. МПК А21С11/16 / В.Я. Груданов, В.М. Поздняков, А.А. Бренч, П.В. Станкевич; заявитель Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный технический университет»; заявл. 28.09.2011, опубликовано 29.01.2014 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэл. уласн. — 2014.
11. Матрица для производства макаронных изделий: Пат. 19138 Республики Беларусь. МПК А21С11/16 / В.Я. Груданов, В.М. Поздняков, А.А. Бренч, П.В. Станкевич; заявитель Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный технический университет»; заявл. 27.01.2012, опубликовано 30.04.2015.
12. Матрица для производства макаронных изделий: Пат. 21246 Республики Беларусь. МПК А21С11/16 / В.Я. Груданов, А.Б. Торган, П.В. Станкевич; заявитель Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный технический университет»; заявл. 16.02.2016, опубликовано 26.07.2018.

### References

1. Nazarov, N.I. Technology of pasta: a textbook for high schools / N.I. Nazarov. — 2nd ed., Revised. and add. — M.: Food Industry, 1978. — 286 p. (in Russian).
2. Medvedev, G.M. Technology of pasta production: a textbook for high schools / G.M. Medvedev. — M.: Kolos, 1998. — 272 p. (in Russian).

3. Sergeev, B.M. Strength calculations of parts of food production machines / B.M. Sergeev. — M. : Mechanical Engineering, 1969. — 143 p. (in Russian).
4. Alfutov, N.A. The basics of calculating the stability of elastic systems / N.A. Alfutov. — M.: Mechanical Engineering, 1978. — 312 p. (in Russian).
5. Mushtarp, H.M. The average bend of a gentle shell, rectangular in plan and resting on ribs flexible in its plane / Kh.M. Mushtarp // Izvestiya KFAN USSR, ser. Phys.-Math. andtech. sciences. — 1958. — No. 12 (in Russian).
6. Kornishik, M.S. On the choice of expressions for tangent components of displacement in solving problems of shell theory by variational methods / M.S. Kornishik // Izvestiya KFAN SSSR, ser. Phys.-Math. and tech. sciences. — 1958. — No. 12 (in Russian).
7. Ganeeva, M.S. Large deflections of rectangular plates under the action of uniform normal pressure during uneven heating / M.S. Ganeeva // Tr. conf. on the theory of plates and shells. — 1961. — issue 1, p. 101–106. № 12 (in Russian).
8. Levy, S. Large Deflection Theory for Rectangular Plates / S. Levy // Proceedings of Symposia in Applied Mathematics. — 1949. — Vol. 1.
9. Matrix for the production of pasta: Pat. 17855 of the Republic of Belarus. IPC A21C11 / 16 / V.Ya. Grudanov, V.M. Pozdnyakov, A.A. Brench, P.V. Stankevich; applicant Education Institution «Belarusian State Agrarian Technical University»; declared 04.21.2011, published 12.30.2013 // Afitsyiny bul. / Nat. Center Intel. Sat. — 2013. — No. 12 (in Russian).
10. Matrix for the production of pasta: Pat. 18195 of the Republic of Belarus. IPC A21C11 / 16 / V.Ya. Grudanov, V.M. Pozdnyakov, A.A. Brench, P.V. Stankevich; applicant Education Institution «Belarusian State Agrarian Technical University»; declared 09.28.2011, published 01.29.2014 // Afitsyiny bul. / Nat. Center Intel. Sat. — 2014 (in Russian).
11. Matrix for the production of pasta: Pat. 19138 of the Republic of Belarus. IPC A21C11 / 16 / V.Ya. Grudanov, V.M. Pozdnyakov, A.A. Brench, P.V. Stankevich; applicant Education Institution «Belarusian State Agrarian Technical University»; declared 01.27.2012, published 04.30.2015 (in Russian).
12. Matrix for the production of pasta: Pat. 21246 of the Republic of Belarus. IPC A21C11 / 16 / Grudanov V.Ya., A.B. Torgan, P.V. Stankevich; applicant Education Institution «Belarusian State Agrarian Technical University»; declared 02.16.2016, published 07.26.2018 (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» (пр-т Независимости, 99, 220124, г. Минск, Республика Беларусь).

*Торган Анна Борисовна* — кандидат технических наук, доцент кафедры технологий и технического обеспечения процессов переработки сельскохозяйственной продукции учреждения образования «Белорусский государственный аграрный технический университет» (пр-т Независимости, 99, 220124, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: anechkat@tut.by.

*Дацук Игорь Евгеньевич* — старший преподаватель кафедры технологий и технического обеспечения процессов переработки сельскохозяйственной продукции учреждения образования «Белорусский государственный аграрный технический университет» (пр-т Независимости, 99, 220124, г. Минск, Республика Беларусь) E-mail: Datsukigor@gmail.com.

*Станкевич Павел Витальевич* — аспирант кафедры технологий и технического обеспечения процессов переработки сельскохозяйственной продукции учреждения образования «Белорусский государственный аграрный технический университет» (пр-т Независимости, 99, 220124, Минск, Республика Беларусь). E-mail: Boginy@tut.by.

#### Information about authors

*Grudanov Vladimir Y.* — D. Sc. (Engineering), Professor, Professor of Technology and Logistics Processes, Processing of Agricultural Products, Belarusian State Agrarian Technical University (99, Nezavisimosti, 220124, Minsk, Republic of Belarus).

*Torhan Anna B.* — Ph.D, (Engineering), Assistant Professor of Technology and Logistics Processes, Processing of Agricultural Products, Belarusian State Agrarian Technical University (99, Nezavisimosti, 220124, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: anechkat@tut.by.

*Datsuk Igor E.* — Senior Lecturer of Technology and Logistics Processes, Processing of Agricultural Products. Belarusian State Agrarian Technical University (99, Nezavisimosti, 220124, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: Datsukigor@gmail.com.

*Stankevich Pavel V.* — graduate student of the department of technologies and technical support of the processing of agricultural products, Belarusian State Agrarian Technical University (99, Nezavisimosti, 220124, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: Boginy@tut.by.

**А.В. Куликов, А.А. Литвинчук, А.С. Данилюк, О.М. Куликова, А.А. Безущенко**

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

## **СОЗДАНИЕ КОМПЛЕКСА ЛАБОРАТОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ОТРАБОТКИ РЕЖИМОВ ПОЛУЧЕНИЯ РЫБНЫХ КОМБИКОРМОВ**

**Аннотация.** В статье обоснована необходимость создания лабораторного оборудования, позволяющего моделировать основные технологические операции производства в малых масштабах и отрабатывать режимы получения новых видов отечественных рыбных комбикормов. Определены стадии технологического процесса, оказывающие наибольшее влияние на качество получаемых комбикормов. Указана информация по созданному комплексу лабораторного оборудования, в состав которого входят дробилка, смеситель, смеситель-кондиционер, экструдер, пресс-гранулятор, охладитель гранул, система напыления на гранулы жировых компонентов и сухих порошков (обмасливатель).

**Ключевые слова:** рыбный комбикорм, отдельный проект, конструкторская документация, лабораторное оборудование, технологические операции, режимы

**A.V. Kulikou, A.A. Litvinchuk, A.S. Danilyuk, O.M. Kulikova, A.A. Bezushchenok**

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

## **CREATION OF A LABORATORY EQUIPMENT COMPLEX FOR EXERCISING FISH PRODUCTION MODES**

**Abstract.** The article substantiates the need to create laboratory equipment that allows you to simulate the basic technological operations of production on a small scale and work out the modes of obtaining new types of domestic fish feed. The stages of the technological process that have the greatest impact on the quality of the resulting feed are determined. Information is provided on the created set of laboratory equipment: crusher, mixer, mixer-conditioner, extruder, press granulator, pellet cooler, system for spraying granules of fatty components and dry powders (oiling agent).

**Keywords:** fish feed, a separate project, design documentation, laboratory equipment, technological operations, modes

**Введение.** Рыбоводство — одна из самых высококорентабельных отраслей сельского хозяйства. Эффективность пресноводного рыбоводства подтверждается следующим примером. Если для получения со 100 га пашни 75 ц мяса, а со 100 га сельскохозяйственных угодий — 16 ц необходимо очень много усилий и затрат, то для получения со 100 га прудовой площади 200 ц рыбы не требуется даже мер по интенсификации. Это количество рыбы может быть получено за счет естественных пищевых ресурсов, имеющихся в самом пруду. При умеренной степени интенсификации и затратах дополнительных кормов и удобрений со 100 га прудовой площади можно получать более 1500 ц рыбы [1].

Производство рыбной продукции по сравнению с другими продуктами, содержащими животные белки, характеризуется высокой экономической эффективностью. Затраты на производство одной тонны рыбной продукции почти в 5 раз ниже, чем тонны говядины, в 4 раза — баранины, более чем в 3 раза — свинины, в 8 раз — сливочного масла, в 4 раза — животного жира. Преимущество рыбоводства по сравнению с другими отраслями АПК наблюдается и по многим другим хозяйственным и экономическим показателям [1, 2].

Несмотря на ряд явных преимуществ, развитие рыбоводства в Беларуси существенно отстает от мирового уровня в основном из-за отсутствия отечественных конкурентоспособных высокопитательных комбикормов для кормления различных видов и возрастных групп рыб. В настоящее время сегмент полнорационных комбикормов для ценных видов рыб представлен импортными производителями. Отсутствуют комбикорма для сомовых и сиговых видов рыб, а также для лососевых и осет-

ровых разных возрастов. Стоимость такого комбикорма высока и негативно сказывается на себестоимости и отпускной цене рыбы, что в итоге снижает конкурентоспособность отечественных производств [3].

В этой связи с целью создания базы для разработки и постановки на производство новых видов комбикормов возникла необходимость в разработке и изготовлении лабораторного оборудования, позволяющего моделировать основные технологические операции производства в малых масштабах, отрабатывать режимы и получать готовый продукт, что, в свою очередь, позволит снизить затраты и ускорить процесс создания новых видов отечественных комбикормов. В Республике Беларусь в настоящее время отечественное лабораторное оборудование отсутствует, а имеющиеся зарубежные аналоги дорогостоящие и не позволяют адекватно моделировать технологический процесс и работу промышленного оборудования отечественных предприятий.

**Основная часть.** Для решения вышеуказанной проблемы с 2017 по 2019 год отделом новых технологий и техники РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» в рамках отдельного проекта научных исследований НАН Беларуси выполнялось задание «Исследование основных технологических операций производства комбикормов для пресноводных видов рыб с разработкой лабораторного оборудования для отработки технологического процесса» (далее — задание).

Целью работы являлось проведение теоретических и экспериментальных исследований основных технологических операций производства комбикормов для пресноводных видов рыб с разработкой лабораторного оборудования для отработки технологического процесса.

В процессе выполнения задания предстояло решать следующие задачи:

- ♦ провести анализ существующих способов (технологий) производства комбикормов для пресноводных видов рыб, в том числе для ценных видов рыб;
- ♦ провести анализ имеющегося оборудования для производства комбикормов для пресноводных видов рыб;
- ♦ провести теоретические и экспериментальные исследования основных технологических операций (пропаривание, гранулирование, экструдирование, внесение жидких жиродержащих добавок под вакуумом) и разработать конструкции лабораторного оборудования для моделирования и отработки технологических режимов производства комбикормов;
- ♦ изготовить и испытать лабораторное оборудование для моделирования технологического процесса производства комбикормов.

Для создания комплекса лабораторного оборудования для выработки рыбных комбикормов проведен анализ литературных данных (патентов, научных публикаций, интернет-ресурсов и др.), по результатам которого установлено, что из множества ступеней технологического процесса наибольшее влияние на качество получаемых комбикормов имеют следующие технологические операции: измельчение, смешивание, кондиционирование, экструдирование, гранулирование, охлаждение гранул, напыление на гранулы жировых компонентов и сухих порошков [4–9].

Заказчиком задания с учетом рекомендаций РУП «Институт рыбного хозяйства» к разрабатываемому оборудованию установлены основные требования, которые были заложены в технических заданиях. В частности, к оборудованию для измельчения: производительность — не менее 10 кг/ч; размер частиц сырья после измельчения — не более 0,5 мм; выход продукта — не менее 60 %; рабочие органы должны быть устойчивы к коррозии.

На основании проведенного анализа литературных источников [4, 10–13, 14, 15] и экспериментальных исследований установлено, что наиболее полно удовлетворяет предъявленным требованиям дробилка молоткового или штифтового типа (измельчающий механизм состоит из подвижного и неподвижного дисков, где неподвижный диск закреплен на корпусе, а подвижный приводится в движение электроприводом), обеспечивающая высокую степень помола, низкие энергозатраты, габаритные размеры и материалоемкость, простоту эксплуатации.

По результатам исследований была разработана конструкторская документация, а также осуществлено изготовление дробилки Ш12-ДСК (рис. 1).

Дробилка работает следующим образом: в бункер загрузки равномерно подается требуемое сырье для получения рыбного комбикорма, которое самотеком попадает в измельчающий механизм, где происходит его дробление с последующей выгрузкой через сито с установленным диаметром прохода.

К оборудованию для смешивания сухих компонентов заказчиком установлены следующие основные требования: производительность — не менее 10 кг/ч; однородность смешивания — 95 %; периодический режим работы с регулировкой времени смешивания; наличие частотного преобразователя для регулировки скорости смешивания; наличие регулируемой заслонки при выгрузке перемешанного продукта.

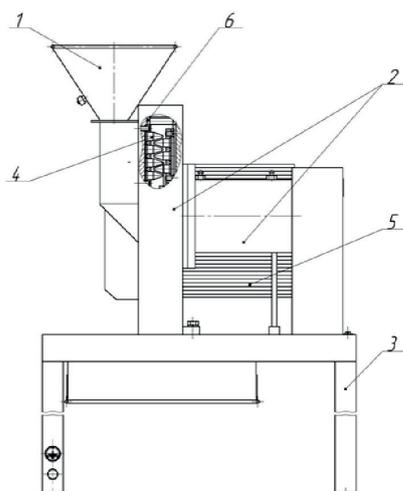


Рис. 1. Дробилка Ш12-ДСК: 1 — загрузочный бункер; 2 — корпус; 3 — опора;  
4 — измельчающий механизм; 5 — электропривод; 6 — сито

Fig. 1. Crusher SH12-DSK: 1 — loading hopper; 2 — case; 3 — support; 4 — grinding mechanism;  
5 — electric drive; 6 — sieve

Технические характеристики дробилки Ш12-ДСК представлены в табл. 1.

Таблица 1. Технические характеристики дробилки Ш12-ДСК  
Table 1. Technical characteristics of the crusher SH12-DSK

Наименование показателя	Значение
Производительность, кг/час, не менее	10
Установленная мощность, кВт, не более	8,0
Высота загрузки, мм, не более	1500
Высота выгрузки, мм, не менее	600
Диаметр прохода сита, мм	0,8/1,0
Продолжительность эксплуатации рабочих органов, часов, не менее	200
Материал рабочих органов (пальцев)	Сталь 65Г, закалка, отпуск, гарантированная твердость 50-55 HRC
Габаритные размеры, мм, не более	
- длина	1150
- ширина	850
- высота	1550
Масса, кг, не более	300

Проведенный анализ информации показал [4, 5, 10–14], что наиболее удовлетворяющим данным требованиям является ленточный смеситель, способный обеспечивать быструю и высокую равномерность перемешивания компонентов комбикорма (не менее 95 %). Конструкция рабочего органа предусматривает наличие внешнего и внутреннего витков ленты. При этом рабочий орган разделён на две части. При вращении вала нижние витки спирали обеспечивают перемещение продукта к центру аппарата, а верхние перемещают в противоположном направлении, обеспечивая таким образом эффективное перемешивание сырья.

По результатам исследований разработана конструкторская документация, а также осуществлено изготовление смесителя Ш12-РСК (рис. 2).

Смеситель работает следующим образом: в систему загружают жидкие компоненты, которые нагреваются до требуемой температуры. Далее в корпус загружается обрабатываемое сырьё, после чего закрывается заслонка в верхней части смесителя, предотвращающая распыл обрабатываемого сырья. Задается время смешивания, после чего при помощи мотора-редуктора приводится во вращение вал мешалки и происходит процесс перемешивания сырья с одновременным вводом через форсунки жидких компонентов.

Технические характеристики смесителя Ш12-РСК представлены в табл. 2.

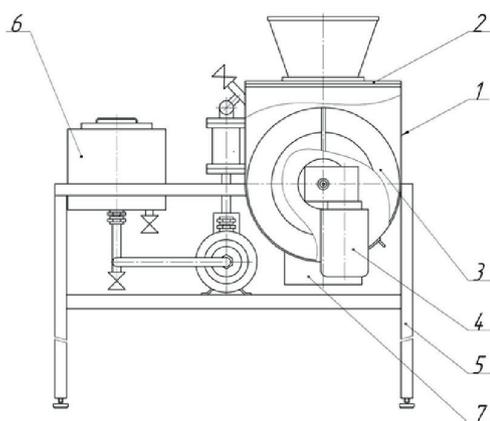


Рис. 2. Смеситель Ш12-РСК: 1,2 — корпус; 3 — вал с ленточной мешалкой; 4 — мотор-редуктор; 5 — рама; 6 — система ввода жидких компонентов; 7 — магнитная ловушка

Fig. 2. Mixer SH12-RSK: 1,2 — housing; 3 — a shaft with a belt mixer; 4 — gear motor; 5 — frame; 6 — input system of liquid components; 7 — magnetic trap

Таблица 2. Технические характеристики смесителя Ш12-РСК  
Table 2. Technical characteristics of the mixer SH12-RSK

Наименование показателя	Значение
Производительность, кг/час, не менее	10
Установленная мощность, кВт, не более	2,5
Габаритные размеры, мм, не более	
- длина	1100
- ширина	650
- высота	1350
Частота вращения шнека, мин <sup>-1</sup>	0–93
Однородность смешивания, %, не менее	95
Масса, кг, не более	180
Емкость баков с подогревом для ввода жидких компонентов, не менее, л	3
Температура подогрева мелассы, не более, °С	55
Температура подогрева кормового жира, °С	70

К оборудованию для влаготепловой обработки комбикормовой смеси заказчиком установлены следующие основные требования: производительность — не менее 10 кг/ч; температура подогрева смеси —  $80 \pm 10$  °С; регулировка времени нахождения продукта в смесителе и контроль температуры.

На основании проведенных исследований [4, 5, 10–14, 16] установлено, что наиболее полно удовлетворяет предъявленным требованиям вертикальный смеситель, обеспечивающий высокую степень однородности смешивания, низкие энергозатраты, габаритные размеры и материалоемкость, простоту эксплуатации и санитарной обработки, при изготовлении которого необходимо предусмотреть следующее: наличие быстросъемных элементов мешалки; наличие водяной рубашки для обеспечения подогрева продукта; наличие бойлера для подогрева рубашки. Дополнительно смеситель должен комплектоваться парогенератором.

По результатам исследований разработана конструкторская документация, а также осуществлено изготовление смесителя-кондиционера Ш12-РКС (рис. 3).

Технические характеристики смесителя-кондиционера Ш12-РКС представлены в табл. 3.

Смеситель-кондиционер работает следующим образом: в ёмкость 8 загружается обрабатываемое сырьё. В ёмкость 6 заливается заранее отмеренное количество жидких компонентов. Посредством водонагревателя и водяной рубашки осуществляется нагрев компонентов комбикорма до необходимой температуры. Включается мешалка и в процессе перемешивания посредством сжатого воздуха осуществляется подача жидких компонентов. Затем производится обработка комбикорма паром.

Таблица 3. Технические характеристики смесителя-кондиционера Ш12-РКС  
Table 3. Technical characteristics of the mixer-conditioner SH12-RKS

Наименование показателя	Значение
Производительность, не менее, кг/час	10
Установленная мощность, не более, кВт	4,0
Габаритные размеры, не более, мм	
- длина	1500
- ширина	500
- высота	1500
Частота вращения шнека, мин <sup>-1</sup>	80-150
Расход пара, кг/час, не менее	0,8
Время нахождения сырья, с, не менее	30
Масса, кг, не более	200

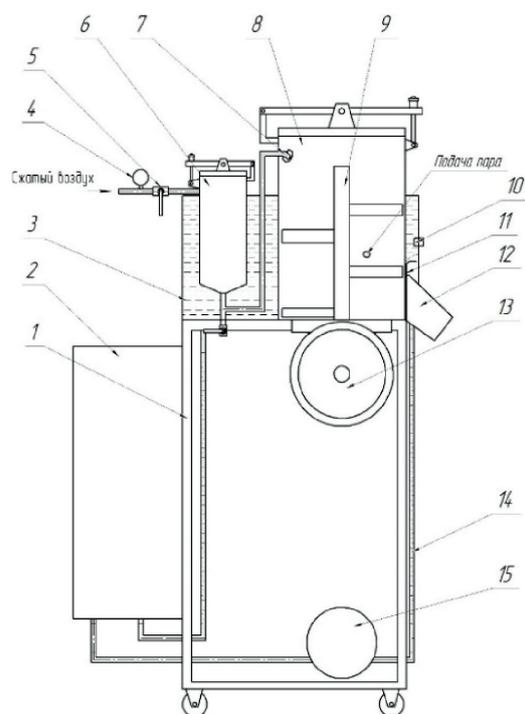


Рис. 3. Смеситель-кондиционер Ш12-РКС: 1 — рама, 2 — электроводонагреватель, 3 — водяная рубашка; 4 — манометр, 5 — кран для подачи сжатого воздуха, 6 — ёмкость для жировой фракции, 7 — система подачи жировой фракции, 8 — корпус смесителя, 9 — мешалка; 10 — датчик температуры, 11 — шибер выгрузного лотка; 12 — выгрузной лоток, 13 — мотор редуктор, 14 — система трубопроводов для циркуляции теплоносителя, 15 — водяной насос

Fig. 3. Mixer-conditioner SH12-RKS: 1 — frame, 2 — electric water heater, 3 — water jacket; 4 — pressure gauge, 5 — valve for supplying compressed air, 6 — capacity for the fat fraction, 7 — system for supplying the fat fraction, 8 — mixer body; 9 — mixer; 10 — temperature sensor, 11 — gate of the unloading tray; 12 — discharge tray, 13 — gear motor, 14 — piping system for coolant circulation, 15 — water pump

К экструдеру заказчиком установлены следующие основные требования: производительность — не менее 10 кг/ч; наличие насадок для формования гранул комбикорма диаметром 2, 3, 4 и 6 мм; наличие частотного преобразователя для регулировки скорости вращения шнека; наличие загрузочного бункера с задвижкой.

На основании проведенных исследований [4, 10–14, 17] установлено, что наиболее полно удовлетворяет предъявленным требованиям одношнековый экструдер с переменным шагом винта. В результате разработана конструкторская документация, а также осуществлено изготовление экструдера Ш12-РЭК (рис. 4).

Технические характеристики экструдера Ш12-РЭК представлены в табл. 4.

Таблица 4. Технические характеристики экструдера Ш12-РЭК  
Table 4. Technical characteristics of the extruder SH12-REK

Наименование показателя	Значение
Производительность, кг/час, не менее	10
Установленная мощность, кВт, не более	50
Насадки для формования гранул комбикорма, мм	2, 3, 4, 6
Габаритные размеры, мм, не более	
- длина	1050
- ширина	500
- высота	1250
Частота вращения шнека, мин <sup>-1</sup>	160–370
Расход пара, кг/час, не менее	0,8
Время нахождения сырья, с, не менее	30
Масса, кг, не более	200

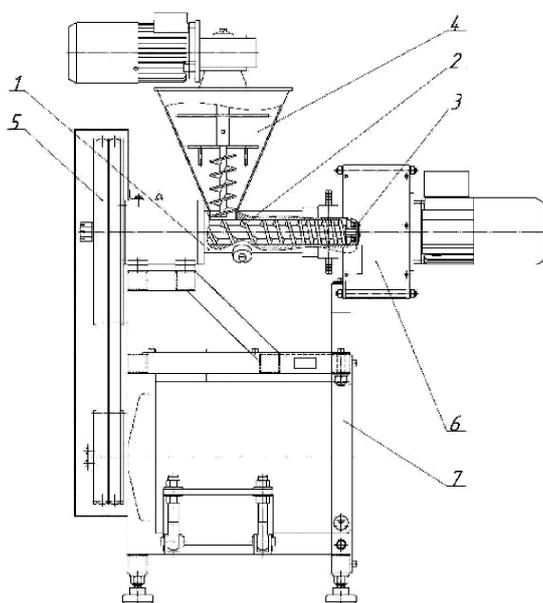


Рис. 4. Экструдер Ш12-РЭК: 1 — корпус; 2 — шнек; 3 — фильера; 4 — шнековый питатель; 5 — привод шнека; 6 — нож с приводом для обрезки гранул; 7 — рама  
Fig. 4. Extruder SH12-REK: 1 — housing; 2 — auger; 3 — die; 4 — screw feeder; 5 — auger drive; 6 — a knife with a drive for cutting granules; 7 — frame

Экструдер работает следующим образом: приводятся во вращение шнек экструдера и нож, в шнековый питатель подается сырьё. Сырьё перемещается вдоль корпуса шнеком с переменным шагом и продавливается через отверстие фильеры, выходит из отверстия фильеры в виде цилиндра и при помощи ножа нарезается на гранулы. Длина получаемых гранул может быть изменена за счет изменения скорости вращения ножа. Диаметр гранул задается диаметром отверстий в фильере и может быть изменен посредством замены фильеры.

К пресс-гранулятору заказчиком установлены следующие основные требования: производительность — не менее 10 кг/ч; наличие насадок для формования гранул комбикорма диаметром 2, 3, 4 и 6 мм; наличие частотного преобразователя для изменения прочности гранул; наличие загрузочного бункера с задвижкой; установка ножей после матрицы для регулировки длины гранул.

На основании проведенных исследований [4, 10–14, 18] установлено, что наиболее полно удовлетворяет предъявленным требованиям гранулятор со стационарной горизонтальной дисковой матрицей, по которой движутся прессующие вальцы (ролики) для продавливания продукта через отверстия матрицы.

В результате исследований разработана конструкторская документация, а также осуществлено изготовление пресс-гранулятора Ш12-РПГ (рис. 5).

Технические характеристики пресс-гранулятора Ш12-РПГ представлены в табл. 5.

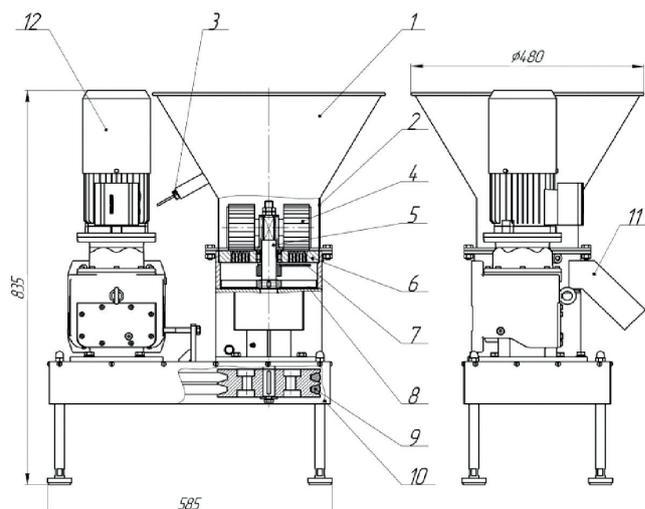


Рис. 5. Пресс-гранулятор Ш12-РПГ: 1 — загрузочный бункер, 2 — корпус, 3 — датчик температуры, 4 — ролики, 5 — вал, 6 — матрица, 7 — нож, 8 — крыльчатка, 9 — ременная передача, 10 — рама, 11 — лоток для выгрузки, 12 — мотор-редуктор

Fig. 5. Press granulator SH12-RPG: 1 — loading hopper, 2 — housing, 3 — temperature sensor, 4 — rollers, 5 — shaft, 6 — matrix, 7 — knife, 8 — impeller, 9 — belt drive, 10 — frame, 11 — unloading tray, 12 — gear motor

Таблица 5. Технические характеристики пресс-гранулятора Ш12-РПГ

Table 5. Technical characteristics of the press granulator SH12-RPG

Наименование показателя	Значение
Производительность (при использовании матрицы с диаметром отверстий 2 мм, кг/час, не менее)	10
Установленная мощность, кВт, не более	4,0
Диаметр отверстий сменных матриц, мм	2, 3, 4, 6
Габаритные размеры, мм, не более	
- длина	1000
- ширина	500
- высота	1000
Масса, кг, не более	150

Пресс-гранулятор работает следующим образом: включается привод роликов, в бункер загружается обрабатываемое сырье. За счет вращения роликов сырье запрессовывается в цилиндрические каналы матрицы и выходит из нее. На противоположной стороне матрицы расположен нож, служащий для обрезки на гранулы определенной длины. Длина гранул регулируется посредством установки зазора между матрицей и рабочей поверхностью ножа.

К охладителю гранул заказчиком установлены следующие основные требования: производительность — не менее 10 кг/ч; должен обеспечивать снижение влажности с 25 до 11 %; должен иметь 2 секции: для охлаждения гранул после нанесения на них масла из пресс-гранулятора и для сушки гранул после экструдера; должен быть предусмотрен подогрев воздуха, направляемого в охладитель, до 50 °С.

В результате исследований [4, 10–14, 19] разработана конструкторская документация, а также осуществлено изготовление охладителя гранул Ш12-РОГ (рис. 6).

Технические характеристики охладителя гранул Ш12-РОГ представлены в табл. 6.

Охладитель работает следующим образом: на лотках размещают гранулы, получаемые после экструдера или пресс-гранулятора, закрывают дверь и включают вентилятор необходимой секции. При этом происходит забор наружного воздуха и осуществляется охлаждение гранул. При необходимости сушки гранул включают электронагреватель, обеспечивающий подогрев воздуха до необходимой температуры.

К системе напыления на гранулы комбикорма жировых компонентов и сухих порошков (далее — обмасливател) заказчиком установлены следующие основные требования: производительность — не менее 10 кг/ч; создание кратковременного вакуума; наличие системы подогрева масла и форсунок для его нанесения.

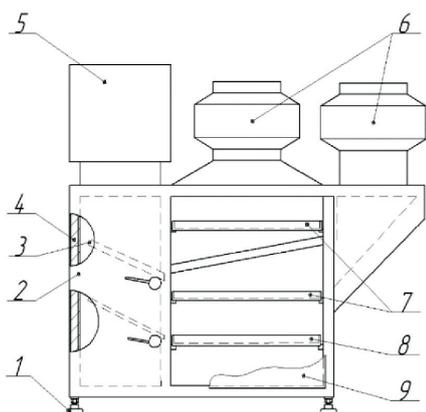


Рис. 6. Охладитель гранул Ш12-РОГ: 1— опоры; 2 — корпус, 3 — заслонки, 4 — изоляция, 5 — электронагреватель; 6 — вентиляторы каналные; 7 — лотки с сетчатым дном для гранул, 8 — лоток для сбора масла, 9 — дверь

Fig. 6. Cooler granules SH12-ROG: 1— supports; 2 — housing, 3 — shutters, 4 — insulation, 5 — electric heater; 6 — channel fans; 7 — trays with a mesh bottom for granules, 8 — a tray for collecting oil, 9 — a door

Таблица 6. Технические характеристики охладителя гранул Ш12-РОГ  
Table 6. Technical characteristics of the pellet cooler SH12-ROG

Наименование показателя	Значение
Производительность, (при снижении влажности 25 % до 11 %), кг/час, не менее	10
Установленная мощность, кВт, не более	10,0
Расход воздуха (на каждую секцию), м <sup>3</sup> /ч	300-1000
Температура воздуха, °С, не более	50
Высота слоя гранул на сетчатом дне лотка, мм, не более	50
Габаритные размеры, мм, не более	
- длина	1400
- ширина	800
- высота	1300
Масса, кг, не более	200

По результатам исследований [4, 10–14, 20], разработана конструкторская документация, а также осуществлено изготовление обмасливателя Ш12-РНВ (рис. 7).

Технические характеристики обмасливателя Ш12-РНВ представлены в табл. 7.

Таблица 7. Технические характеристики обмасливателя Ш12-РНВ  
Table 7. Technical characteristics of the oiling oil SH12-RNV

Наименование показателя	Значение
Производительность, кг/час, не менее	10
Количество загружаемого продукта за цикл, кг	5–12
Установленная мощность, кВт, не более	6
Скорость вращения вала с лопатками, мин <sup>-1</sup>	10–25
Объём вакуумной камеры, м <sup>3</sup> , не менее	0,08
Количество наносимых компонентов последовательно, не менее	3
Температура подогрева масла, °С	30–65
Регулировка подачи воздуха в диапазоне, с	30–180
Максимальный процент ввода масла и других компонентов, %	35
Абсолютное разрежение, мбар	200–400
Габаритные размеры, мм, не более	
- длина	1200
- ширина	700
- высота	1900
Масса, кг, не более	320

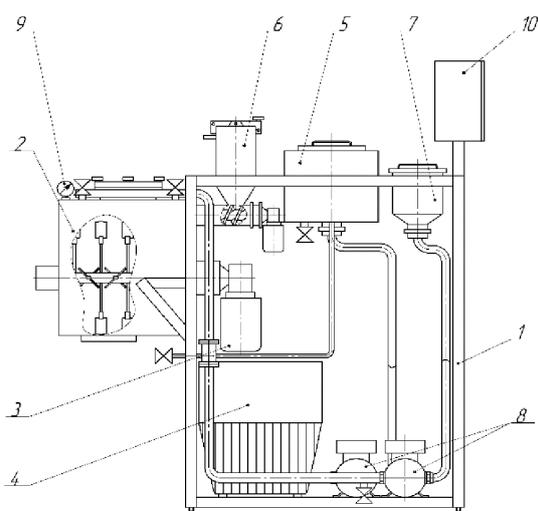


Рис. 7. Обмасливател Ш12-РНВ: 1 — рама, 2 — корпус с вакуумной камерой и валом с лопатками, 3 — привод вала, 4 — система вакуумирования, 5 — система подогрева и распыла масла, 6 — система подачи порошкообразных компонентов, 7 — система подачи жидких компонентов, 8 — насосы для подачи жидкостей, 9 — контрольно-измерительные приборы, 10 — пульт управления

Fig. 7. Oiling oilSH12-RNV: 1 — frame, 2 — housing with a vacuum chamber and a shaft with blades, 3 — shaft drive, 4 — evacuation system, 5 — oil heating and spraying system, 6 — powder component supply system, 7 — liquid component supply system, 8 — pumps for supplying liquids, 9 — instrumentation, 10 — control panel

Обмасливател работает следующим образом: гранулы загружаются в вакуумную камеру. В систему подогрева и распыла масла заливается необходимое количество масла и при помощи электронагревателя посредством водяной бани температура масла доводится до необходимой. В системы подачи порошкообразных и жидких компонентов загружается необходимое количество порошков и жидкостей соответственно. Откачивается воздух, включается вращение вала с лопатками и осуществляется распыл подогретого масла, жидких компонентов или подача порошка. В процессе вращения в разреженной среде масло, жидкость или порошок равномерно распределяются в массе комбикорма. После этого в обмасливател медленно подается воздух, масло или жидкие компоненты всасываются через поры вглубь гранулы, а также покрывают ее, т.е. происходит капсулирование.

Проведены приемочные испытания созданного комплекса лабораторного оборудования, по результатам которых комиссия рекомендовала разработанное оборудование передать РУП «Институт рыбного хозяйства» для отработки режимов и рецептов производства отечественных рыбных комбикормов, исследования новых технологий и установления рациональных параметров работы оборудования.

Следует отметить, что комплекс лабораторного оборудования для получения рыбных комбикормов не имеет аналогов на постсоветском пространстве, в связи с чем планируется подача заявки на получение патента.

#### Список использованных источников

1. Шихшабеков, М.М. Пресноводное рыбоводство / М.М. Шихшабеков, Г.Ш. Гаджимурадов. — Махачкала : Эко-пресс, 2013. — 360 с.
2. Егоров, Б.В. Научно-технические основы современной технологии комбикормов / Б.В. Егоров // Автореф. дис. докт. техн. наук 05.18.01 / Б.В. Егоров; Одес. технол. ин-т. — Одесса, 1991. — 32 с.
3. Агеец, В.Ю. Проблемы и перспективы производства биологически полноценных комбикормов для рыб в Республике Беларусь / В.Ю. Агеец, Ж.В. Кошак, А.Э. Кошак // Вести НАН Беларуси. Серия аграрных наук. — 2017. — № 2. — С. 91–99.
4. Афанасьев, В.А. Руководство по технологии комбикормовой продукции с основами кормления животных / В.А. Афанасьев. — Воронеж : ВНИИКП, 2007. — 389 с.
5. Дытнерский, Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии / Ю.И. Дытнерский. — Москва : Химия, 1995. — 600 с.
6. Бутковский, В.А. Технология мукомольного, крупяного и комбикормового производства (с основами экологии) / В.А. Бутковский, Е.М. Мельников. — М : Агропромиздат, 1989. — 464 с.

7. Правила организации и ведения технологических процессов производства продукции комбикормовой промышленности: РД РБ 02150.019-2004. — Введен с 01.10.2004. — Минск, 2004. — 265 с.
8. Черняев, Н.П. Технология комбикормового производства / Н.П. Черняев. — 2-е изд. перераб. и доп. — М.: Колос, 1992. — 367 с.
9. Демский, А.Б. Совершенствование комбикормового оборудования промышленных предприятий / А.Б. Демский, В.Ф. Веденьев. — М.: Колос, 1982. — 127 с.
10. Продукция компании «Buhler» [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [http://www.buhlergroup.com/europe/ru/10.htm#.WS\\_Hs9KLS9I](http://www.buhlergroup.com/europe/ru/10.htm#.WS_Hs9KLS9I). — Дата доступа 11.05.2017.
11. Оборудование для комбикормовой промышленности «Kahl» [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.inworld.com.ua/oborudovanie/oborudovanie-dlja-picshevoj-i-kombikormovoj-promyshlennosti/>. — Дата доступа 17.05.2017.
12. Каталог оборудования «Технэкс» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.technex.ru/ru/catalog>. — Дата доступа 18.05.2017.
13. Продукция компании «Wynveen» [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.wynveen.com/ru/page/producten/coaten/vacuum-coaters.html>. — Дата доступа 22.05.2017.
14. Плаксин, Ю.М. Процессы и аппараты пищевых производств / Ю.М. Плаксин, Н.Н. Малахов, В.А. Ларин. — М.: Колос, 2007.
15. Хорошенко, Г. Значение процесса измельчения при выработке кормов / Г. Хорошенко // Комбикорма. — 2006. — №2. — С. 30–31.
16. Гидротермическая обработка в комбикормовой промышленности [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [http://www.inworld.com.ua/content/userdata/kahl\\_gidrotermicheskaya\\_obrabotka\\_v\\_kombik\\_prom\\_ti.pdf](http://www.inworld.com.ua/content/userdata/kahl_gidrotermicheskaya_obrabotka_v_kombik_prom_ti.pdf). — Дата доступа 18.05.2017.
17. Принцип действия и конструкции экструдеров [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.extrutec.ck.ua/lectures/4.html>. — Дата доступа: 19.05.2017.
18. Классен, П.В. Основы техники гранулирования / П.В. Классен, И.Г. Гришаев — М.: Химия. — 1982. — 272 с.
19. Гинзбург, А.С. Основы теории и техники сушки пищевых продуктов / А.С. Гинзбург. — М.: Пищевая промышленность, 1973. — 528 с.
20. Покрытие гранул маслом и энзимами [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://agrotechnology.com/ru/products/feed-production/pelleting/104-pallets.html>. — Дата доступа: 19.05.2017.

## References

1. Shikhshabekov M.M., Gadzhimuradov G.Sh. Presnovodnoye rybovodstvo [*Freshwater fish farming*]. — Makhachkala, Eko-press, 2013, 360 p. (in Russian).
2. Yegorov B.V. Nauchno-tehnicheskiye osnovy sovremennoy tekhnologii kombikormov [*Scientific and technical fundamentals of modern technology of animal feed*] / Avtoref. dis. dokt. tekhn. nauk [*Author. dis. Doct. tech. Sciences*]. Odes. tekhnol. in-t [Odessa technol. institute]. — Odessa, 1991, 32 p. (in Russian).
3. Ageyets V.Yu., Koshak Zh.V., Koshak A.E. Problemy i perspektivy proizvodstva biologicheskii polnotsennykh kombikormov dlya ryb v Respublike Belarus' [*Problems and prospects of the production of biologically complete feed for fish in the Republic of Belarus*]. Vesti NAN Belarusi. Seriya agrarnykh nauk [*News of the NAS of Belarus. A series of agricultural sciences*], 2017, no.2, pp. 91–99 (in Russian).
4. Afanas'yev V.A. Rukovodstvo po tekhnologii kombikormovoy produktsii s osnovami kormleniya zhivotnykh [*Guidelines for feed technology with the basics of animal feed*]. — Voronezh, VNIIPK, 2007, 389 p. (in Russian).
5. Dytnerskiy Yu.I. Protsessy i apparaty khimicheskoy tekhnologii [*Processes and apparatuses of chemical technology*]. — Moscow, Chemistry, 1995, 600 p. (in Russian).
6. Butkovskiy V.A., Mel'nikov Ye.M. Tekhnologiya mukomol'nogo, krupyanogo i kombikormovogo proizvodstva (s osnovami ekologii) [*Technology of flour, cereal and animal feed production (with the basics of ecology)*]. — М.: Agropromizdat, 1989, 464 p. (in Russian).
7. Pravila organizatsii i vedeniya tekhnologicheskikh protsessov proizvodstva produktsii kombikormovoy promyshlennosti [*Technology of flour, cereal and animal feed production (with the basics of ecology)*] RD RB 02150.019-2004. — Vveden s [Introduced from] 01.10.2004. — Minsk, 2004. — 265 p. (in Russian).
8. Chernyayev N.P. Tekhnologiya kombikormovogo proizvodstva [*Technology of feed production*]. — 2-ye izd. pererab. i dop [2nd ed. reslave. and add]. — М.: Kolos, 1992, 367 p. (in Russian).
9. Demskiy A.B., Veden'yev V.F. Sovershenstvovaniye kombikormovogo oborudovaniya promyshlennykh predpriyatiy [*Improving the feed equipment of industrial enterprises*]. — М.: Kolos, 1982, 127 p. (in Russian).
10. Produktsiya kompanii «Buhler» [*Products of the company “Buhler”*]. Available at: [http://www.buhlergroup.com/europe/ru/10.htm#.WS\\_Hs9KLS9I](http://www.buhlergroup.com/europe/ru/10.htm#.WS_Hs9KLS9I) (accessed 5 November 2017).

11. Oborudovaniye dlya kombikormovoy promyshlennosti «Kahl» [*Equipment for the feed industry “Kahl”*]. Available at: <http://www.inworld.com.ua/oborudovanie/oborudovanie-dlja-picshevoj-i-kombikormovoj-promyshlennosti/> (accessed 17 May 2017).
12. Katalog oborudovaniya «Tekhnex» [*Technex equipment catalog*]. Available at: <http://www.technex.ru/ru/catalog> (accessed 18 May 2017) (in Russian).
13. Produktsiya kompanii «Wynveen» [*Products of the company “Wynveen”*]. Available at: <http://www.wynveen.com/ru/page/producten/coaten/vacuum-coaters.html> (accessed 22 May 2017) (in Russian).
14. Plaksin Yu.M., Malakhov N.N., Larin V.A. Protsessy i apparaty pishchevykh proizvodstv [*Processes and Food Production Equipment*]. — M. : Kolos, 2007 (in Russian).
15. Khoroshchenko G. Znachenije protsessa izmel'cheniya pri vyrabotke kormov [*The value of the grinding process in the development of feed*]. *Kombikorma [Compound feed.]*, 2006, no. 2, pp. 30–31 (in Russian).
16. Gidrotermicheskaya obrabotka v kombikormovoy promyshlennosti [*Hydrothermal processing in the feed industry*]. Available at: [http://www.inworld.com.ua/content/userdata/kahl\\_gidrotermicheskaya\\_obrabotka\\_v\\_kombik\\_prom\\_ti.pdf](http://www.inworld.com.ua/content/userdata/kahl_gidrotermicheskaya_obrabotka_v_kombik_prom_ti.pdf) (accessed 18 May 2017).
17. Printsip deystviya i konstruktsii ekstruderov [*The principle of operation and design of the extruders*]. Available at: <http://www.extrutech.ck.ua/lectures/4.html> (accessed 17 May 2017).
18. Klassen P.V., Grishayev I.G. Osnovy tekhniki granulirovaniya [*Fundamentals of granulation technique*]. — M.: Khimiya [*Chemistry*], 1982, 272 p. (in Russian).
19. Ginzburg A.S. Osnovy teorii i tekhniki sushki pishchevykh produktov [*Fundamentals of the theory and technique of food drying*]. — M. : Pishchevaya promyshlennost' [*Food Industry*], 1973, 528 p. (in Russian).
20. Pokrytiye granul maslom i enzimami [*Coating granules with oil and enzymes*]. Available at: <http://agrotechnology.com/ru/products/feed-production/pelleting/104-pallets.html> (accessed 19 May 2017).

#### Информация об авторах

*Куликов Алексей Валентинович* — кандидат технических наук, и.о. начальника отдела новых технологий и техники РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: [ont\\_i\\_t@mail.ru](mailto:ont_i_t@mail.ru).

*Литвинчук Александр Аркадьевич* — кандидат технических наук, старший научный сотрудник отдела новых технологий и техники РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: [newteh@belproduct.com](mailto:newteh@belproduct.com).

*Куликова Ольга Михайловна* — инженер 1 категории отдела новых технологий и техники РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: [newteh@belproduct.com](mailto:newteh@belproduct.com).

*Данилюк Александр Сергеевич* — младший научный сотрудник отдела новых технологий и техники РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: [newteh@belproduct.com](mailto:newteh@belproduct.com).

*Безущенок Анна Александровна* — инженер-конструктор 2 категории отдела новых технологий и техники РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: [newteh@belproduct.com](mailto:newteh@belproduct.com).

#### Information about authors

*Kulikov Alexey V.* — candidate of technical sciences, acting Head of the Department of New Technologies and Techniques of the RUE «Scientific and practical center of the National Academy of Sciences of Belarus for food» (29, Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: [ont\\_i\\_t@mail.ru](mailto:ont_i_t@mail.ru).

*Litvinchuk Aleksandr A.* — candidate of technical sciences, senior researcher at the Department of New Technologies and Techniques of the RUE «Scientific and practical center of the National Academy of Sciences of Belarus for food» (29, Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus). Email: [newteh@belproduct.com](mailto:newteh@belproduct.com).

*Kulikova Olga M.* — 1st category engineer of the department of new technologies and equipment of RUE «Scientific and Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus» (29, Kozlova str., Minsk 220037, Belarus). E-mail: [newteh@belproduct.com](mailto:newteh@belproduct.com).

*Danilyuk Alexander S.* — Junior Researcher at the Department of New Technologies and Techniques of the RUE «Scientific and practical center of the National Academy of Sciences of Belarus for food» (29, Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: [newteh@belproduct.com](mailto:newteh@belproduct.com).

*Bezuschenok Anna A.* — Design Engineer 2 categories of the department of new technologies and equipment of RUE «Scientific and Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus» (29, Kozlova str., Minsk 220037, Belarus). E-mail: [newteh@belproduct.com](mailto:newteh@belproduct.com).

УДК 663.8

Поступила в редакцию 25.06.2019  
Received 25.06.2019**А.Н. Лилишенцева, А.В. Смоляр***Учреждение образования «Белорусский государственный экономический университет»,  
г. Минск, Республика Беларусь***ДЕСКРИПТОРНО-ПРОФИЛЬНЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ КАЧЕСТВА  
ОБРАЗЦОВ ЯБЛОЧНОГО СОКА**

**Аннотация.** В статье представлены результаты балльной оценки качества девяти образцов яблочного сока. На первом этапе исследований комиссией дегустаторов-оценщиков были разработаны дескрипторы фруктовых соков. На основании маркетингового исследования изучены потребительские предпочтения и определены коэффициенты значимости дескрипторов фруктового сока. Далее была разработана пятидесяти балльная шкала оценки качества фруктовых соков на основе полученных дескрипторов. С помощью разработанной балльной шкалы провели оценку качества девяти образцов восстановленного яблочного сока, в результате которой определен образец яблочного сока, который набрал максимальное количество баллов и приблизился к профилю идеального яблочного сока.

**Ключевые слова:** яблочный сок, дескрипторно-профильный метод анализа, дегустаторы-оценщики, дескрипторы, коэффициенты значимости, балльная шкала оценки качества

**A.N. Lilishentseva, A.V. Smoliar***Educational Institution «Belarusian State Economic University», Minsk, Republic of Belarus***DESCRIPTOR-PROFILE METHOD FOR DETERMINING THE QUALITY OF  
SAMPLES OF APPLE JUICE**

**Abstract.** The article presents the results of a quality assessment of nine samples of apple juice. At the first stage of research, the commission of tasters-appraisers developed descriptors of fruit juices. Based on a marketing research, consumer preferences were studied and significance factors for fruit juice descriptors were determined. Next, a fifty-point scale for assessing the quality of fruit juices based on the descriptors obtained was developed. Using the developed scale, we assessed the quality of nine samples of reconstituted apple juice, which resulted in the determination of an apple juice sample that scored the maximum number of points and approached the profile of ideal apple juice.

**Keywords:** apple juice, descriptor-profile analysis method, evaluators, descriptors, significance coefficients, quality rating scale

**Введение.** Для проведения оценки конкурентоспособности выпускаемой продукции за рубежом широко используется метод дескрипторно-профильного анализа, сущность которого заключается в том, что сложное понятие одного из органолептических свойств (вкус, запах, консистенция) представляют в виде совокупности простых составляющих (дескрипторов), которые оцениваются дегустаторами по интенсивности по соответствующей шкале. Метод позволяет проводить сравнения сенсорных характеристик вырабатываемой продукции с конкурентами и разрабатывать сенсорные профили оригинальных эталонов (брендов) продуктов [1].

Следует также отметить, что создание профилей продуктов конкурентов тесно связано с возможностью выявления направлений корректировки сенсорных свойств, совершенствования продукции и позиционирования ее на потребительском рынке.

Оценка конкурентоспособности профильным методом включает разработку словаря сенсорных характеристик продукта, специализированных анкет для тестирования и реализацию проекта дегустации. После чего проводится анализ полученных данных, включая проверку достоверности статистическими методами, построение сенсорных профилей образцов продуктов и составление рекомендаций по корректировке сенсорных свойств [2, 3].

Другим направлением использования профильно-дескрипторного анализа является разработка профилей органолептических свойств эталонных продуктов, что может быть интересно для пред-

приятый с точки зрения оценки стабильности органолептических характеристик продукта и продвижения его на рынке. С целью создания профиля эталонного продукта предприятием выбирается наиболее перспективный, оригинальный, пользующийся высоким спросом образец, для которого разрабатываются сенсорные характеристики, позволяющие описать его индивидуальность. Затем выполняют оценку интенсивности выбранных характеристик. На основании полученных данных строят профиль эталонного продукта. Последующие действия в отношении полученного эталона заключаются в прослеживаемости его конфигурации (профиля) в течение определенного времени на основе данных мониторинга проводимого дегустационной комиссией. При этом сбор и анализ данных важно проводить регулярно (в режиме online) [1].

Преимущество профильного метода состоит в том, что сложное понятие одного из органолептических свойств (вкус, запах или консистенция) представляют в виде совокупности простых составляющих (дескрипторов), которые оцениваются дегустаторами по качеству, интенсивности и порядку появления [4].

Для построения сенсорного профиля проводят специальный отбор и обучение дегустаторов. При этом отбираются лица, способные разложить общее впечатление о качестве исследуемого продукта на составляющие признаки и количественно их оценить. Доказано, что 10 % дегустаторов не могут проводить сенсорную оценку профильным методом. Профильный анализ предполагает обстоятельные знания дегустаторами свойств продукта и хорошую сенсорную память на отдельные его характеристики [5, 6, 7].

Количественный дескрипторно-профильный метод позволяет решить многие проблемы производителя пищевых продуктов в области органолептического анализа, и в первую очередь:

- ♦ комплексной оценки качества пищевых продуктов, включая товары со сложным вкусо-ароматическим профилем;
- ♦ разработки новых клиенто-ориентированных продуктов, а также ребрендинга существующей продукции;
- ♦ контроля стабильности органолептических характеристик в процессе производства, хранения и транспортировки;
- ♦ изучения потребительских предпочтений и приемлемости;
- ♦ сравнительной оценки преимуществ и недостатков органолептических параметров по сравнению с продуктами-конкурентами;
- ♦ обучения участников органолептических испытаний [8].

**Целью** настоящей работы является проведение балльной оценки качества образцов восстановленного яблочного сока на основе разработанных дескрипторов.

**Методы исследований.** При проведении исследований использовались органолептический, измерительный, расчетный, дескрипторно-профильный методы исследований.

**Результаты исследований.** Первоначально задачей перед испытателями была поставлена задача разработать дескрипторы, на основании которых в дальнейшем будет проведена оценка качества образцов яблочного сока.

Согласно ISO 11035, для разработки дескрипторов фруктовых соков были отобраны испытатели в количестве 6 человек [4].

В группу испытателей вошли эксперты-товароведы продовольственных товаров, закончившие УО «Белорусский государственный экономический университет» по специальности «Товароведение и экспертиза товаров».

Для установления ряда дескрипторов руководителем группы оценщиков было предложено испытателям продегустировать три образца фруктового сока восстановленного объемом 1 литр разных производителей. Данные о производителях фруктовых соков представлены в табл. 1 [9, 10, 11].

Т а б л и ц а 1. **Объекты экспериментального исследования**  
Table 1. **Objects of experimental research**

№ образца	Наименование фруктового сока	Производитель
Образец № 1	Яблочный сок «АВС» восстановленный, осветленный, пастеризованный	ОДО «Фирма АВС», Республика Беларусь, г. Гродно, ул. Победы, 27
Образец № 2	Апельсиновый сок «Добрый» восстановленный, осветленный	УП «Вланпак», Республика Беларусь, Минская область, г. Смолевичи, ул. Вокзальная, 5Б.
Образец № 3	Мультифруктовый сок «Сочный» осветленный, восстановленный, пастеризованный и асептически упакованный	СООО «Оазис Груп», 213823, Республика Беларусь, Могилёвская обл., г. Бобруйск, ул. Нахимова, 1

В ходе проведения дегустации испыталы сформулировали свое восприятие образцов фруктового сока с помощью дескрипторов. Далее сформулированные испыталы 104 дескриптора были сгруппированы по следующим категориям: внешний вид, запах, вкус, консистенция.

Далее в ходе обсуждения группой испыталей были сокращены гедонические термины, количественные термины, а также термины, имеющие в своем наименовании название продукта и нерелевантные термины. Кроме того, были удалены из списка термины, которые считаются непригодными для описания продуктов и установления различий между ними с точки зрения органолептического анализа. Результаты проведенного сокращения дескрипторов указаны в табл. 2.

Таблица 2. Сокращенный список дескрипторов фруктового сока  
Table 2. Shortened fruit juice descriptor list

Внешний вид	Запах	Вкус	Консистенция
знакомый	ароматный	горькость	жидкая
привлекательный	бодрящий	наличие кислоты	нежная
прозрачный	натуральный аромат	наличие сладости	однородная
светлый	отчетливый	освежающий	равномерная
яркий цвет		приятное послевкусие	
		сочный	
		насыщенность вкуса	

Для дальнейшего сокращения списка терминов (дескрипторов) необходимо убедиться, что испыталы хорошо поняли значение каждого из дескрипторов. Испыталы на данной стадии получили три образца фруктового сока и определяли воспринимаемую выраженность для каждого из использованных дескрипторов, присваивая ему оценку по шкале от 0 до 5, оговорив, что 0 является эквивалентом отсутствия восприятия рассматриваемого свойства [4].

Шкала выраженности при сокращении дескрипторов указана в табл. 3.

Таблица 3. Шкала выраженности дескрипторов  
Table 3. Descriptor scale

	Не воспринимается	Слабый	Довольно слабый	Средний	Довольно сильный	Сильный
Дескриптор	0	1	2	3	4	5

Для того чтобы сократить количество дескрипторов на данной стадии, они вначале классифицируются в соответствии с геометрическим средним  $M$ , которое представляет собой квадратный корень продукта частоты  $F$ , и относительной выраженности  $I$ , каждого дескриптора:

$$M = \sqrt{F \times I} \tag{1}$$

где  $F$  — число упоминаний дескриптора по отношению к общему числу возможных упоминаний этого дескриптора, выраженное в виде процентного отношения;  $I$  — это сумма выраженности, присвоенная всей группой дескриптору по отношению к максимально возможной выраженности для данного дескриптора, представленная в виде процентного отношения.

Общее число раз упоминания каждого дескриптора равняется 18 (три продукта x шесть оценщиков).

В табл. 4 указана частота упоминания каждого дескриптора.

Общая возможная степень выраженности для каждого дескриптора составляет 90 баллов (максимально пять баллов по шкале выраженности для трех продуктов с шестью оценщиками = 5x3x6).

В табл. 5 указана относительная выраженность каждого дескриптора.

Следующим этапом исследования была классификация дескрипторов по их важности. Полученные результаты указаны в табл.6.

Исходя из полученной классификации дескрипторов, окончательно было отобрано десять дескрипторов, занимающих лидирующие позиции.

Список отобранных дескрипторов указан в табл. 7.

С помощью маркетинговых исследований определена значимость для потребителей каждого разработанного группой оценщиков дескриптора для фруктовых соков [12, 13]. Результаты исследования отражены в табл. 8.

Таблица 4. Частота упоминания анализируемых дескрипторов  
Table 4. Frequency of mention of analyzed descriptors

Продукт	Дескрипторы																			
	Знакомый	Привлекательный	Прозрачный	Светлый	Яркий цвет	Ароматный	Бодрящий	Натуральный аромат	Отчетливый	Торковость	Наличие кислинки	Наличие сладости	Освежающий	Приятное послевкусие	Сочный	Насыщенный вкус	Жидкая	Нежная	Одородная	Равномерная
№1	2	3	5	1	2	4	2	5	1	4	6	6	4	6	3	5	2	1	5	2
№2	1	3	6	2	2	3	3	6	2	5	5	4	5	4	2	4	3	3	4	3
№3	2	4	4	1	3	6	4	4	1	5	5	6	5	6	4	6	3	2	5	1
Число упоминаний	5	10	15	4	7	13	9	15	4	14	16	16	14	16	9	15	8	6	14	6
F (%)	27,8	55,6	83,3	22,2	38,9	72,2	50,0	83,3	22,2	77,8	88,9	88,9	77,8	88,9	50,0	83,3	44,4	33,3	77,8	33,3

Таблица 5. Относительная выраженность анализируемых дескрипторов  
Table 5. The relative severity of the analyzed descriptors

Продукт	Дескрипторы																			
	Знакомый	Привлекательный	Прозрачный	Светлый	Яркий цвет	Ароматный	Бодрящий	Натуральный аромат	Отчетливый	Торковость	Наличие кислинки	Наличие сладости	Освежающий	Приятное послевкусие	Сочный	Насыщенный вкус	Жидкая	Нежная	Одородная	Равномерная
№1	17	24	28	11	10	28	15	30	10	20	25	30	25	29	10	28	9	8	15	12
№2	18	22	27	10	12	25	14	25	8	18	26	28	23	25	13	22	12	9	17	8
№3	16	25	28	9	9	26	17	26	6	19	28	27	21	26	14	26	15	11	19	10
Воспринимаемая выраженность каждого дескриптора	51	71	83	30	31	79	46	81	24	56	79	85	69	80	37	76	36	28	51	30
I (%)	56,7	78,9	92,2	33,3	34,4	86,7	51,1	90,0	26,7	62,2	86,7	94,4	76,7	88,9	41,1	84,4	40,0	17,1	56,7	33,3

Таблица 6. Классификация дескрипторов по их важности  
Table 6. Classification of descriptors by their importance

Параметр	Дескрипторы																			
	Знакомый	Привлекательный	Прозрачный	Светлый	Яркий цвет	Ароматный	Бодрящий	Натуральный аромат	Отчетливый	Горькость	Наличие кислоты	Наличие сладости	Освежающий	Приятное послевкусие	Сочный	Насыщенность вкуса	Жидкая	Нежная	Однородная	Равномерная
I	0,567	0,789	0,922	0,333	0,344	0,867	0,511	0,9	0,267	0,622	0,867	0,944	0,767	0,889	0,411	0,844	0,4	0,171	0,567	0,333
F	0,278	0,556	0,833	0,222	0,389	0,722	0,5	0,833	0,222	0,778	0,889	0,889	0,778	0,889	0,5	0,833	0,444	0,333	0,778	0,333
M	0,397	0,662	0,876	0,272	0,366	0,791	0,505	0,866	0,243	0,696	0,878	0,916	0,772	0,889	0,453	0,838	0,421	0,239	0,664	0,333
В виде процентного отношения	39,7	66,2	87,6	27,2	36,6	79,1	50,5	86,6	24,3	69,6	87,8	91,6	77,2	88,9	45,3	83,8	42,1	23,9	66,4	33,3
Классификация дескрипторов	15	11	4	18	16	7	12	5	19	9	3	1	8	2	13	6	14	20	10	17

Таблица 7. Разработанные дескрипторы фруктового сока  
Table 7. Designed fruit juice descriptors

Внешний вид	Запах		Вкус		Консистенция
	ароматный	натуральный аромат	горькость	наличие сладости	
прозрачный	ароматный	натуральный аромат	горькость	наличие кислоты	однородная
			наличие сладости	освежающий	
			приятное послевкусие		
			насыщенность вкуса		

Таблица 8. Коэффициенты значимости для каждого дескриптора  
Table 8. The coefficients of significance for each descriptor

Внешний вид	Значимость	Запах	Значимость	Вкус	Значимость	Консистенция	Значимость
прозрачный	0,05	ароматный	0,10	горькость	0,05	однородная	0,10
		натуральный аромат	0,15	наличие кислоты	0,05		
				наличие сладости	0,10		
				освежающий	0,05		
				приятное послевкусие	0,15		
				насыщенность вкуса	0,20		

Для полученных 10 дескрипторов фруктового сока разработали 50-ти бальную шкалу оценки качества фруктовых соков. Для каждого дескриптора установили градацию качества от 1 до 5 баллов. Таким образом, наилучший образец фруктового сока при его оценке качества может получить максимальное количество баллов — 50.

Разработанная бальная шкала оценки качества фруктовых соков на основе выбранных дескрипторов отражена в табл. 9.

Таблица 9. Бальная шкала оценки качества фруктовых соков  
Table 9. Point scale for assessing the quality of fruit juices

Показатель качества	Оценка, баллы			
	Отлично	Хорошо	Удовлетворительно	Неудовлетворительно
Прозрачность	Соответствует плодам, характерным для напитка, цвет с блеском (5)	То же самое, но без блеска (4)	Слабая опалесценция (3)	Возможен осадок (2)
Ароматность	Полный, ярко выраженный (5)	Приятный аромат (4)	Слабовыраженный аромат (3)	Не свойственный аромат (2)
Натуральный аромат	Свойственный плодам, из которых изготовлен сок (5)	Узнаваемый аромат фруктов, из которого изготовлен сок (4)	Слабоузнаваемый аромат фруктов, из которого изготовлен сок (3)	Наличие химических нот в аромате сока (2)
Горькость	Умеренная, не выраженная (5)	Выраженная (4)	Сильно выраженная (3)	Сильно выраженная, мешает восприятию вкуса напитка (2)
Наличие кислоты	Умеренная, не выраженная (5)	Выраженная (4)	Сильно выраженная (3)	Сильно выраженная, мешает восприятию вкуса напитка (2)
Наличие сладости	Умеренная, выраженная (5)	Умеренная, невыраженная (4)	Слабовыраженная, почти не чувствуется (3)	Отсутствие сладости (2)
Освежающий вкус	Ярко выраженные освежающие ощущения (5)	Выраженные освежающие ощущения (4)	Невыраженные освежающие ощущения (3)	Не освежает (2)
Приятное послевкусие	Ярко выраженное приятное послевкусие (5)	Выраженное приятное послевкусие (4)	Невыраженное приятное послевкусие (3)	Отсутствие приятного послевкусия (2)
Насыщенность вкуса	Вкус ярконасыщенный (5)	Вкус насыщенный (4)	Вкус слабонасыщенный (3)	Вкус ненасыщенный (2)
Однородная консистенция	Без включений, взвесей, одинаковая плотность сока	Без включений, взвесей, но разная плотность сока во всем продукте (4)	Слабооднородная консистенция (3)	Наличие включений, взвесей, осадка (2)
Общий балл	41-50	31-40	21-30	20

Разработанная балльная шкала оценки фруктовых соков на основе выбранных дескрипторов позволит в дальнейшем провести органолептическую оценку качества образцов яблочного сока.

Для проведения органолептической оценки качества яблочных соков было отобрано девять образцов яблочного сока восстановленного объемом 1 литр различных производителей. Данные о производителях яблочных соков представлены в табл. 10 [14, 15, 16].

Т а б л и ц а 10. Объекты экспериментального исследования  
Table 10. Objects of experimental research

№ образца	Наименование яблочного сока	Производитель
Образец № 1	Яблочный сок «Сочный» осветлённый восстановленный пастеризованный асептически упакованный	СООО «Оазис Групп», 213823, Республика Беларусь, Могилёвская обл., г. Бобруйск, ул. Нахимова, 1
Образец № 2	Яблочный сок «Добрый» осветлённый восстановленный пастеризованный	УП «Вланпак», Республика Беларусь, Минская область, г. Смолевичи, ул. Вокзальная, 5Б
Образец № 3	Яблочный сок «АВС» осветлённый восстановленный стерилизованный асептически упакованный	ОДО «фирма АВС», 230026, Республика Беларусь, г. Гродно, ул. Победы, 27
Образец № 4	Яблочный сок «JAFFA» осветлённый восстановленный пастеризованный	СП «Витмарк-Украина», 65007, Украина, г. Одесса, пер. Высокий, 22
Образец № 5	Яблочный сок «Sandora» осветлённый восстановленный стерилизованный асептически упакованный	ООО «Лебедянский», 399610, Российская Федерация, Липетская область, г. Лебедянь, ул. Матросова, 7
Образец № 6	Яблочный сок «Сады Придонья» осветлённый восстановленный пастеризованный	ОАО «Сады Придонья», 403027, Российская Федерация, Волгоградская область, Городищенский район, пос. Сады Придонья
Образец № 7	Яблочный сок «Rich» осветлённый восстановленный пастеризованный	АО «Мултон», 192236, г. Санкт-Петербург, ул. Софийская, 14
Образец № 8	Яблочный сок «№1» восстановленный осветлённый стерилизованный асептически упакованный	ООО «Лето Трейд», 220028, Республика Беларусь, г. Минск, ул. Маяковского, д. 127, корп. 2, ком.104
Образец № 9	Яблочный сок «Соки Украины» восстановленный осветлённый пастеризованный	ООО «ЭКО-СФЕРА», 22400, Украина, Винницкая область, г. Калиновка, ул. И. Мазепы, 45

Для оценки качества были отобраны 9 образцов восстановленного яблочного сока, из которых 4 образца произведены на территории Республики Беларусь и 5 импортируемых образца из Российской Федерации и Украины. Все виды яблочного сока являются осветлёнными, 6 образцов представленной продукции пастеризованные, а оставшиеся 3 образца («№1», «Sandora», «АВС») — стерилизованные. Образцы под номерами 1, 3, 5, 8 (яблочные соки торговых марок «Сочный», «АВС», «Sandora», «№1») асептически упакованы.

В ходе исследования провели оценку внешнего вида, вкуса, аромата и консистенции 9 образцов яблочного сока, исходя из разработанных десяти дескрипторов. Результаты оценки приведены в табл. 11.

Графическое изображение вкусо-ароматических портретов образцов яблочного сока представлено на рис. 1.

**Закключение.** В результате балльной оценки качества 9 образцов яблочного сока, установлено, что наибольшее количество баллов набрал яблочный сок торговой марки «RICH» (4,8 балла), а наименьшее количество баллов (4,1 балла) набрали яблочные соки торговых марок «JAFFA», «Sandora», «Сады Придонья» и «Соки Украины».

По дескриптору «Прозрачный внешний вид» максимальное количество баллов набрали соки торговых марок «Сочный», «Добрый», «АВС» и «RICH».

Наиболее «Ароматный запах» имеют соки торговых марок «Сочный», «Добрый», «Sandora» и «RICH».

Таблица 11. Балльная шкала оценки качества 9 образцов яблочного сока  
 Table 11. Point scale for assessing the quality of 9 samples of apple juice

Название образца	Наименование дескрипторов и коэффициенты их значимости для исследуемых образцов																						
	Прозрачный внешний вид	К-т значимости	Ароматный запах	К-т значимости	Натуральный аромат	К-т значимости	Торкость	К-т значимости	Наличие кислоты	К-т значимости	Наличие сладости	К-т значимости	Освежающий вкус	К-т значимости	Приятное послевкусие	К-т значимости	Насыщенность вкуса	К-т значимости	Однородная консистенция	К-т значимости	Итого		
Идеальный образец яблочного сока	5	0,05	5	0,1	5	0,15	5	0,15	5	0,05	5	0,05	5	0,1	5	0,05	5	0,15	5	0,2	5	0,1	5
«Сочный»	5	0,05	5	0,1	4	0,15	3	0,05	5	0,05	5	0,05	4	0,05	4	0,05	5	0,15	5	0,2	5	0,1	4,55
«Добрый»	5	0,05	5	0,1	5	0,15	4	0,05	4	0,05	5	0,05	4	0,05	4	0,05	5	0,15	5	0,2	5	0,1	4,7
«ABC»	5	0,05	4	0,1	4	0,15	3	0,05	4	0,05	5	0,05	5	0,1	4	0,05	5	0,15	5	0,2	5	0,1	4,45
«JAFFA»	4	0,05	4	0,1	3	0,15	4	0,05	4	0,05	5	0,05	4	0,05	5	0,05	4	0,15	4	0,2	4	0,1	4,1
«Sandora»	4	0,05	5	0,1	4	0,15	3	0,05	4	0,05	4	0,05	5	0,1	4	0,05	4	0,15	4	0,2	4	0,1	4,1
«Сады Придонья»	3	0,05	4	0,1	4	0,15	4	0,05	4	0,05	4	0,05	5	0,1	4	0,05	4	0,15	4	0,2	5	0,1	4,1
«RICH»	5	0,05	5	0,1	4	0,15	4	0,05	5	0,05	5	0,05	5	0,1	5	0,05	5	0,15	5	0,2	5	0,1	4,8
«№1»	4	0,05	4	0,1	4	0,15	3	0,05	4	0,05	5	0,05	4	0,05	4	0,05	4	0,15	4	0,2	5	0,1	4,15
«Соки Украины»	4	0,05	4	0,1	3	0,15	3	0,05	4	0,05	5	0,05	4	0,05	4	0,05	5	0,15	5	0,2	4	0,1	4,1

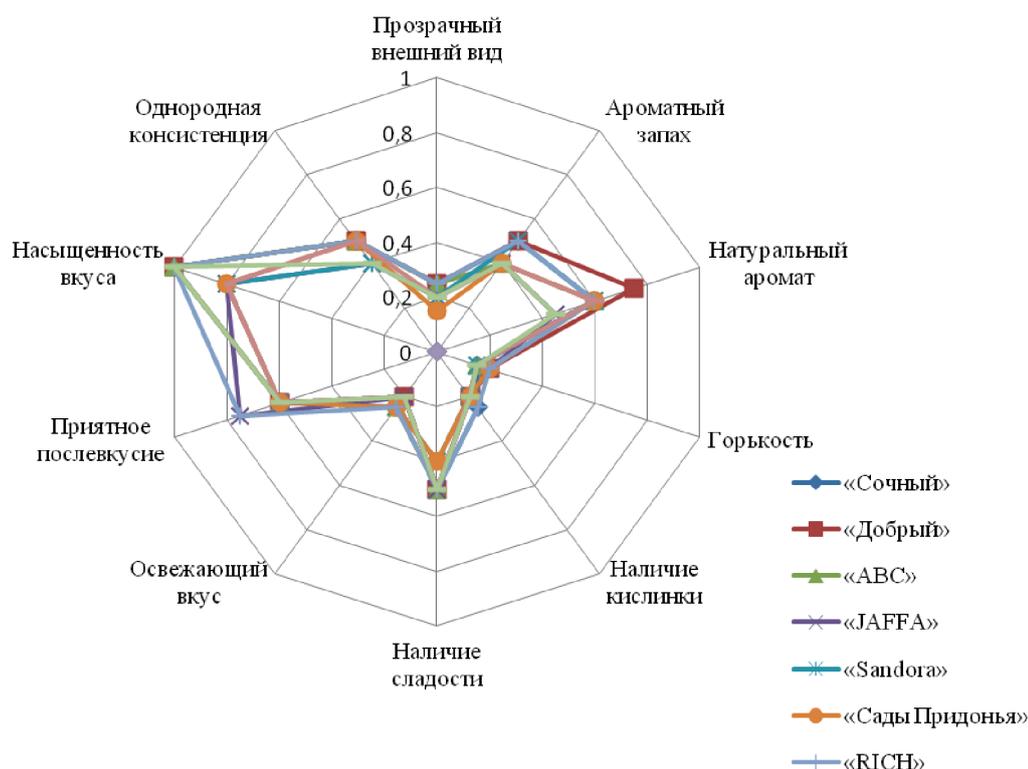


Рис. 1. Вкусо-ароматический портрет 9 образцов яблочного сока  
 Fig. 1. Aromatic portrait of 9 samples of apple juice

Максимальное количество баллов по дескриптору «Натуральный аромат» набрал сок торговой марки «Добрый».

5 баллов по дескриптору «Горькость» не набрал ни один яблочный сок.

5 баллов по дескриптору «Наличие кислоты» набрали яблочные соки торговых марок «Сочный» и «RICH».

Все образцы яблочного сока, кроме соков торговых марок «Sandora» и «Сады Придонья», набрали 5 баллов по дескриптору «Наличие сладости».

Наиболее «Освежающий вкус» имеют яблочные соки торговых марок «ABC», «Sandora», «Сады Придонья», «RICH».

Максимальное количество баллов по дескриптору «Приятное послевкусие» набрали соки торговых марок «JAFFA» и «RICH».

Все образцы яблочного сока обладают насыщенным вкусом и по дескриптору «Насыщенность вкуса» набрали баллы 5 и 4.

Наиболее однородная консистенция у яблочных соков торговых марок «Сочный», «Добрый», «ABC», «Сады Придонья», «RICH», «№ 1».

Таким образом, с помощью разработанных дескрипторов, коэффициентов весомости была проведена оценка качества образцов яблочного сока, в результате которой был определен наилучший образец яблочного сока — яблочный сок торговой марки «RICH» (4,8 балла).

### Список использованных источников

1. Лисицын, А.Б. Комплексный подход к органолептической оценке как инструмент повышения качества продукции / А.Б. Лисицын, А.А. Лазарев // Журнал все о мясе. — 2017. — № 2. — С. 4–7.
2. 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. — 148 с. — Библиогр.: С. 129–140 (132 назв.).
3. Органолептический анализ. — Методология. — Общее руководство: ISO 6658-2016. — Введ. 01.04.2018. — Минск: Государственный комитет по стандартизации Республики Беларусь, 2018 — 24 с.

4. Органолептический анализ. Идентификация и выбор дескрипторов для установления профиля при многостороннем подходе: ISO 11035-1994. — Введ. 1999. — Женева : Международная организация по стандартизации, 1999. — 26 с.
5. Органолептический анализ. Общее руководство по отбору, обучению и контролю испытателей. Часть 1. Отобранные испытатели: ГОСТ ISO 8586-1-2011. — Введ. 01.11.2013. — М.: ГОУ ВПО «Московский государственный университет пищевых производств» Министерства образования Российской Федерации, 2013. — 28 с.
6. Органолептический анализ. Общее руководство по проектированию лабораторных помещений: ГОСТ ISO 8589-2014. — Введ. 01.06.2017. — ОАО «Всероссийский научно-исследовательский институт сертификации», 2017. — 20 с.
7. Чай. Приготовление настоя для органолептического анализа: ГОСТ ISO 3103-2013. — Введ. 01.10.2016. — Минск: Государственный комитет по стандартизации Республики Беларусь, 2016 — 12 с.
8. Матисон, В.А. Применение дескрипторно-профильного метода для оценки качества продуктов питания / В.А. Матисон, Н.И. Арутюнова, Е.Д. Горячева // Пищевая промышленность. — 2015. — № 6. — С. 52–54.
9. СООО «Оазис Груп» [Электронный ресурс] / Соки и нектары «Сочный» — Режим доступа: <http://oasisdrinks.by/products/>. — Дата доступа: 06.05.2019.
10. ОДО «Фирма АВС» [Электронный ресурс] / Соки и нектары — Режим доступа : <http://www.abcfood.net/ru/product/juice>. — Дата доступа : 06.05.2019.
11. Добрый соки и нектары [Электронный ресурс] / Мултон — Режим доступа : <http://dobry.ru/>. — Дата доступа : 06.05.2019.
12. Котлер, Ф. Основы маркетинга: пер. с англ. / Ф. Котлер. — М.: Прогресс, 2001. — 698 с.
13. Беляевский, И.К. Маркетинговое исследование: информация, анализ, прогноз: учеб. пособие / И.К. Беляевский. — М.: Финансы и статистика, 2001. — 320 с.
14. Консервы. Соки фруктовые восстановленные. Общие технические условия: СТБ 1824-2008. — Введ. 01.09.2008. — Минск: Государственный комитет по стандартизации Республики Беларусь, 2008. — 24 с.
15. Самсонова, А.Н. Фруктовые и овощные соки (техника и технология): учеб. пособие / А.Н. Самсонова. — М.: Пищевая промышленность, 1976. — 275 с.
16. Экспертиза продуктов переработки плодов и овощей. Качество и безопасность: учеб.-справ. пособие / И.Э. Цапалова, Л.А. Маюрникова, В.М. Позняковский, Е.Н. Степанова. — 3-е изд., стер. 2-му. — Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2009. — 285 с.

### References

1. Lisitsyn A.V. Kompleksnyy podkhod k organolepticheskoy otsenke kak instrument povysheniya kachestva produktsii [*An integrated approach to organoleptic assessment as a tool to improve product quality*]. Vse o myase [All about meat], 2017, no 2, pp. 4–7 (in Russian).
2. Chugunova, O.V. Ispolzovaniye metodov degustatsionnogo analiza pri modelirovaniy retseptur pishchevykh produktov s zadannymi potrebitelskimi svoystvami [*The use of tasting analysis methods for modeling food recipes with specified consumer properties*]. M-vo obrazovaniya i nauki RF. Ural. gos. ekon. un-t, Ekaterinburg, Izd-vo Ural. gos. ekon. un-ta, 2010, 148 p. (in Russian).
3. ISO 6658-2016. Organolepticheskiy analiz. Metodologiya. Obshcheye rukovodstvo [*ISO 6658-2016. Organoleptic analysis. Methodology. General leadership*]. Minsk, Gosudarstvennyy komitet po standartizatsii Respubliki Belarus, 2018, 24 p. (in Russian).
4. ISO 11035-1994. Organolepticheskiy analiz. Identifikatsiya i vybor deskriptorov dlya ustanovleniya profilya pri mnogostoronnem podkhode [*ISO 11035-1994. Organoleptic analysis. Identification and selection of descriptors for establishing a profile with a multilateral approach*]. Zheneva, Mezhdunarodnaya organizatsiya po standartizatsii, 1999, 26 p. (in Russian).
5. GOST ISO 8586-1-2011. Organolepticheskiy analiz. Obshcheye rukovodstvo po otboru, obucheniyu i kontrolyu ispytateley. Chast 1. Otobrannyye ispytateli [*State Standard ISO 8586-1-2011. Organoleptic analysis. General guidance on the selection, training and monitoring of testers. Part one. Selected Testers*]. Moscow, GOU VPO “Moskovskiy gosudarstvennyy universitet pishchevykh proizvodstv” Ministerstva obrazovaniya Rossiyskoy Federatsii, 2013, 28 p. (in Russian).
6. GOST ISO 8589-2014. Organolepticheskiy analiz. Obshcheye rukovodstvo po proyektirovaniyu laboratornykh pomeshcheniy [*State Standard ISO 8589-2014. Organoleptic analysis. General laboratory*

- room design guidelines]. ОАО “Vserossiyskiy nauchno-issledovatel'skiy institut sertifikatsii”, 2017, 20 p. (in Russian).
7. GOST ISO 3103-2013. Chay. Prigotovleniye nastoya dlya organolepticheskogo analiza [*State Standard ISO 3103-2013. Tea. Preparation of infusion for organoleptic analysis*]. Minsk, Gosudarstvennyy komitet po standartizatsii Respubliki Belarus, 2016, 12 p. (in Russian).
  8. Matison. V.A. Primeneniye deskriptorno-profilnogo metoda dlya otsenki kachestva produktov pitaniya [*The use of the descriptor-profile method for assessing the quality of food*]. Pishchevaya promyshlennost = Food industry, 2015, no 6, pp. 52–54 (in Russian).
  9. Soki i nektary “Sochnyy” (Juices and Nectars «Juicy»). Available at: <http://oasisdrinks.by/products/> (accessed 6 May 2019) (in Russian).
  10. Soki i nektary “ABC” (Juices and Nectars «ABC»). Available at: <http://www.abcfood.net/ru/product/juice> (accessed 6 May 2019) (in Russian).
  11. Dobryy. Soki i nektary (Kind. Juices and Nectars). Available at: <http://dobry.ru/>. (accessed 6 May 2019) (in Russian).
  12. Kotler. F. Osnovy marketinga: per. s angl. [*The basics of marketing. Translation from English*]. Moscow, Progress, 2001, 698 p. (in Russian).
  13. Belyayevskiy. I.K. Marketingovoye issledovaniye: Informatsiya. Analiz. Prognoz [*Marketing research. Information. Analysis. Forecast*]. Moscow, Finansy i statistika, 2001, 320 p. (in Russian).
  14. STB 1824-2008. Konservy. Soki fruktovyeye vosstanovlennyye. Obshchiye tekhnicheskiye usloviya [*State Standard 1824-2008. Canned food. Restored fruit juices. General specifications*]. Minsk, Gosudarstvennyy komitet po standartizatsii Respubliki Belarus, 2008, 24 p. (in Russian).
  15. Samsonova. A.N. Fruktovyeye i ovoshchnyye soki (tekhnika i tekhnologiya) [*Fruit and vegetable juices (machinery and technology)*]. Moscow, Pishchevaya promyshlennost, 1976, 275 p. (in Russian).
  16. Tsapalova I.E. Ekspertiza produktov pererabotki plodov i ovoshchey. Kachestvo i bezopasnost [*Examination of processed products of fruits and vegetables. Quality and safety*]. Novosibirsk, Sib. univ. izd-vo, 2009, 285 p. (in Russian).

#### Информация об авторах

Лилишенцева Анна Николаевна — кандидат технических наук, доцент учреждения образования «Белорусский государственный экономический университет» (ул. Свердлова, 7, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: lilishenceva@yandex.by.

Смоляр Анна Валерьевна — магистрант кафедры товароведения продовольственных товаров учреждения образования «Белорусский государственный экономический университет» (ул. Свердлова, 7, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: ann-amber@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.

Smoliar Anna V. — Master student of the department of merchandising food products, EI «Belarusian State Economic University» (7, Sverdlova St., Minsk, Republic of Belarus). E-mail: ann-amber@yandex.ru.