

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 12**  
**№1(43)**  
**2019**

**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 20.03.2019.

Формат 60×84/8. Бумага офсетная.

Гарнитура NewtonС. Печать офсетная.

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

Тираж 100 экз. Заказ 100.

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.)

**Подписные индексы:**

для индивидуальных подписчиков 01241

для ведомственный подписчиков 012412



# FOOD INDUSTRY: SCIENCE AND TECHNOLOGIES

Vol. 12, №1(43) 2019

## Founder:

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

## Editor-in-Chief:

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

## Editorial Board:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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



ISSN 2073-4794

**Vol. 12**

**№1(43)**

**2019**

**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 20.03.2019

Format 60x84/8. Offset paper.

NewtonC type. Offset printing.

Printed pages 1,16.

Publisher's signatures 12,80.

Circulation 100 copies. Order 100.

LP № 02330/89 of 3 March 2014

17, Kalvaryiskaya str., Minsk 220004

**Founder**

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

Registered in Ministry of Information of the  
Republic of Belarus

(Registration Certificate № 530 of July 2009)

**Subscription indexes**

For individuals 01241

For legal entities 012412

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Ловкис З.В.</b> Важнейшие результаты научной деятельности РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» в 2018 году.....	6
<b>Шилов В.В., Белякова Н.И., Журня А.А.</b> Оптимизация системы детского питания .....	13
<b>Ивашкевич Т.В., Колосовская Л.С., Лаптенюк Н.С., Карнышова Л.В.</b> Исследование хлебопекарных свойств ржаной сеяной муки по состоянию углеводно-амилазного комплекса, газообразующей и газодерживающей способности теста .....	20
<b>Лилишенцева А.Н., Мельникова Л.А., Томашевич С.Е., Селиванова М.С., Мельник Ю.А.</b> Использование QFD-методологии при разработке обогащенного зефира.....	28
<b>Моргунова Е.М., Пусовская Ю.С., Пушкарь А.А.</b> Результаты исследований процесса сбраживания суслу из клубней топинамбура различных сортов и зерна ржи.....	42
<b>Алексеенко М.С., Новикова Н.М., Литвяк В.В.</b> Исследование особенностей холодного кислотного гидролиза картофельного и кукурузного крахмала .....	50
<b>Мелещеня А.В., Савельева Т.А., Гордынец С.А., Калтович И.В.</b> Сравнительный анализ биологической ценности различных видов мясного сырья для производства продуктов иммуномодулирующей направленности .....	62
<b>Дымар О.В., Яковлева М., Меркель А.</b> Изучение взаимосвязи скорости деминерализации кислой сыворотки от изменения напряжения процесса.....	74
<b>Метель В.С., Куликова И.К., Анисимов Г.С., Евдокимов И.А.</b> Исследование полипептидных фракций пермеата обезжиренного молока, полученного методом ультрафильтрации .....	80
<b>Бондарчук О.В.</b> Роль заквасочной культуры в производстве кисломолочных спредов .....	86

**CONTENTS**

<b>Lovkis Z.V.</b> The most important results of scientific activity of the “Scientific-Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus” in 2018 .....	6
<b>Shylau V.V., Beliakova N.I., Zhurnia A.A.</b> Optimization of the system of children’s nutrition .....	13
<b>Ivashkevich T.V., Kolosovskaya L.S., Laptенок N.S., Karnishova L.V.</b> Research of the bakery properties of rye seedball on the condition of the carbon-amylase complex, gas forming and gas containing test .....	20
<b>Lilishentseva A.N., Melnikova L.A., Tamashevich S.E., Selivanova M.S., Melnik Y.A.</b> Using QFD methodology in the development of enriched zephyr .....	28
<b>Morgunova E.M., Pusovskaya J.S., Pushkar A.A.</b> Results of the researches of the process of fermentation of wort from Jerusalem artichoke tubers of various varieties and rye grain .....	42
<b>Alekseenko M.S., Novikova N.M., Litvyak V.V.</b> Study of the peculiarities of cold acid hydrolysis of potato and corn starch .....	50
<b>Meliaschenya A.V., Saveleva T.A., Gordynets S.A., Kaltovich I.V.</b> The comparative analysis of biological value of different types of meat raw materials for production of products of immunomodulatory orientation.....	62
<b>Dymar O.V., Yakovleva M.R., Merkel A.</b> Studying of interrelation of the rate of demineralization of acid milk serum from changes in the voltage of the process .....	74
<b>Metel V.S., Kulikova I.K., Anisimov G.S., Evdokimov I.A.</b> Investigation of polypeptide fractions of skim milk permeate obtained by ultrafiltration.....	80
<b>Bondarchuk O.V.</b> The effect of bacterial culture in the production of sour-cream spreads .....	86

УДК [663/664+637.1/.5]:001.89(476)

Поступила в редакцию 05.02.2019  
Received 05.02.2019**З.В. Ловкис***РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию»,  
г. Минск, Республика Беларусь***ВАЖНЕЙШИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ НАУЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ РУП  
«НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЦЕНТР НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ  
НАУК БЕЛАРУСИ ПО ПРОДОВОЛЬСТВУ» В 2018 ГОДУ**

**Аннотация:** В статье изложены новые результаты исследований в области тепловой обработки смесей, кристаллизации жиров, структурообразования кондитерских масс и других процессов. Разработаны новые технологии: тепловой обработки зернового сула высоких концентраций на спирт; технологии создания новых видов кондитерских изделий, зефира, мармелада, сухих завтраков, снеков; технология замороженных формованных продуктов на основе овощного сырья; технология очистки диффузионных соков сахарного производства; технология производства кисломолочных продуктов из овечьего молока; технология новых видов мясных продуктов с пониженным на 30 % содержанием поваренной соли; технологии экструзионных и хлебобулочных изделий для питания беременных и кормящих женщин и др.

**Ключевые слова:** технологии, продукты питания, качество, режимы, стандарты, методики, ассортимент

**Z.V. Lovkis***RUE “Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus”, Minsk,  
Republic of Belarus***THE MOST IMPORTANT RESULTS OF SCIENTIFIC ACTIVITY OF RUE  
“SCIENTIFIC-PRACTICAL CENTER FOR FOODSTUFFS OF THE NATIONAL  
ACADEMY OF SCIENCES OF BELARUS” IN 2018**

**Abstract.** New results of researches in the field of heat treatment of mixes, fats crystallization, structure formation of confectionery masses and other processes are presented in article. New technologies including technology of heat treatment of a grain mash of high concentrations on alcohol; creation technologies of new types of confectionery, marshmallow, fruit jelly, dry breakfasts, snacks; technology of the frozen formed products on the basis of vegetable raw materials; purification technology of diffusive juice in sugar production; the production technology of fermented milk products from sheep milk; technology of new types of meat products with the lowered content at 30 % of Table salt; technologies of extrusive and bakery products for pregnant women and nursing mothers are developed.

**Keywords:** technologies of foodstuff, foodstuff, quality, modes of operation, standards, techniques, assortment

В 2018 году в РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по продовольствию» выполнялось 31 задание в рамках 5 государственных научных программ, 9 проектов республиканского централизованного инновационного фонда, 2 гранта и 6 заданий в рамках Инновационного фонда концерна «Белгоспищепром» и Госстандарта. Наиболее значимыми результатами фундаментальных исследований являются: параметры термопластической (экструзионной) обработки поликомпонентных смесей; биосинтез этилового спирта путем направленного метаболизма дрожжевых клеток; структурирование кондитерских масс и кристаллизации жиров; алгоритм стро-

ения наноразмерных структур полисахаридов и глицеридов жирных кислот; матрица формирования микрогранул.

**Консервная отрасль.** Впервые составлены справочные таблицы по микрофлоре различных видов рыбы, выращиваемой в рыбоводческих хозяйствах республики, с учетом условий содержания и поры года. Для их формирования было исследовано 124 образца рыбной продукции и среды обитания 6 видов рыб из 6 рыбоводческих хозяйств 4 областей республики, проведено 4592 анализа количественного и качественного состава микрофлоры. Разработаны справочные таблицы термоустойчивости микрофлоры, типичной для консервов. При выполнении работы использовались как эмпирические данные 245 многофакторных экспериментов, так и методы предиктивной микробиологии, основанные на компьютерных программах, широко применяемых за рубежом, и результаты анализа мирового опыта в области практической микробиологии. Полученные материалы будут положены в основу дальнейшего совершенствования технологических процессов на предприятиях республики, связанных с переработкой фруктов и овощей и рыбного сырья.

Разработана технология производства формованных замороженных продуктов на основе овощного сырья. Ее внедрение на перерабатывающих предприятиях способствует расширению ассортимента овощной продукции, рациональному использованию овощного сырья и повышению качества выпускаемой продукции.

Получило дальнейшее развитие совершенствование процессов термической обработки сырья, разработано 42 режима стерилизации, которые прошли все стадии проверки, в том числе, выпуск опытно-промышленных партий.

Созданы новые виды консервов рыбных в желе, грибной продукции, а также новые продукты на основе овощей для детей дошкольного и школьного возраста.

Много внимания уделялось вопросам качества продукции и обмену передовым опытом. В одиннадцатый раз проведен конкурс консервированной продукции «Хрустальное яблоко», выездной семинар «Качество – категория экономическая».

Для отрасли разработан 1 межгосударственный стандарт на консервы диетические профилактического назначения, 1 изменение к СТБ, 9 изменений к ТУ, 1 технические условия.

**Картофелеперерабатывающая отрасль.** Изучены процессы дегидратации (центробежного и термического обезвоживания) при комплексной переработке картофельных отходов, установлены технологические параметры осуществления процесса, позволяющие снизить влажность отходов и максимально сохранить биологически активные вещества в обезвоженном продукте. Также разработана технологическая схема переработки отходов, образующихся на различных стадиях производства сухого картофельного пюре (при инспекции сырья, очистке, резке), на крахмал и на кормовые продукты, что способствует рациональному и максимально полному использованию сырья. Подготовлены рекомендации по утилизации картофельных отходов, а также 4 ТУ и 4 изменения к ТУ.

**Сахарная отрасль.** Получены новые научные данные о свойствах и белково-коллоидном составе поликомпонентных систем сахарного производства. Разработан Отраслевой технологический регламент на ведение процесса сокоочистки, в котором описаны эффективные технологические приемы и параметры ведения процесса, в зависимости от качества и химического состава полупродуктов, образующихся при очистке диффузионного сока, уточнены технологические режимы процессов, указана эффективность и риск применения того или иного приема, возможные отклонения в технологическом режиме переработки сахаросодержащего сырья на отдельных участках рассматриваемого отделения сахарного завода и способы их устранения.

С целью совершенствования переработки отходов сахарного производства разработаны технологические подходы к использованию хитозана в качестве функционального компонента (сорбента) в пищевых продуктах.

**Пищеконцентратная отрасль.** Разработан ассортимент и нормативная документация (5 рецептур и 3 технических условия) на производство пищевых концентратов с добавлением льняной клетчатки, обогащающей продукт омега-3 полиненасыщенными жирными кислотами, белком и пищевыми волокнами. Как показали проведенные доклинические исследования, употребление данных продуктов способствует нормализации обменных процессов в организме, снижению уровня глюкозы в крови и триглицеридов, оказывает иммуномодулирующий эффект. В 100 г обогащенных пищевых концентратов содержится до 26 % белка и до 20 % клетчатки (от суточной нормы физиологической потребности), полиненасыщенных жирных кислот – 0,4–0,7 г, витаминов: С – до 192,4 мг, В<sub>2</sub> – до 0,60 мг, В<sub>6</sub> – до 0,09 мг, В<sub>9</sub> – до 228,63 мг [1].

На основе 17 видов отечественного растительного пряно-ароматического сырья разработан асортимент чайных напитков для детей дошкольного и школьного возраста, сбалансированных по витаминному составу, обладающих подтвержденными доклиническими исследованиями свойствами по нормализации обменных процессов в организме и иммуномодулирующим эффектом, способствующими повышению уровня гемоглобина и увеличению уровня гранулоцитов в крови, росту физической работоспособности и выносливости. В 100 г чайных напитков содержатся: витамины С – до 80,5 мг, В<sub>1</sub> – до 2,4 мг, В<sub>2</sub> – до 0,19 мг, В<sub>6</sub> – до 0,15 мг, В<sub>9</sub> – до 12,52 мг; минеральные элементы Са – до 1096 мг, Mg – до 222 мг, P – до 292,5 мг, Fe – до 32,5 мг, K – до 2240 мг, Mn – до 15,8 мг, Cu – до 1,2 мг. Разработанные чайные напитки характеризуются высокой антиоксидантной активностью (от 20 до 209 мг/100 см<sup>3</sup>).

Проведены комплексные исследования технологии экструдированных продуктов на зерновой основе с добавлением овощных компонентов. Установлено, что за счет внесения овощных компонентов можно целенаправленно регулировать физико-химические свойства экструдированного сырья и формировать качество готовых продуктов. Полученные продукты характеризуются повышенной пищевой ценностью, сбалансированным аминокислотным, жирнокислотным и минеральным составом, высокими вкусовыми и органолептическими свойствами. Установлено, что гранулометрический состав частиц поликомпонентной смеси оказывает влияние на качество готового продукта: при выравнивании гранулометрического состава экструдированной смеси и увеличении содержания частиц плодовоовощного сырья от 0,5 до 1–1,5 мм происходит увеличение индекса расширения продукта на 40–42 % и снижение насыпной массы.

Исследован ассортимент и компонентный состав, имеющихся на отечественном и зарубежных рынках низкобелковых и безбелковых продуктов питания, изучены потребительские предпочтения детей больных фенилкетонурией. Разработаны предварительные составы и проекты аппаратурно-технологических схем производства низкобелковых продуктов питания на опытно-технологическом участке в г. Марьина Горка.

**Кондитерская отрасль.** Изучены требования к детскому питанию, особенности рациона детей дошкольного и школьного возраста и обеспеченность детского населения республики эссенциальными макро- и микронутриентами. Разработаны сбалансированные рецептурные составы шоколадных кондитерских изделий с научно обоснованным витаминно-минеральным составом, соответствующим физиологическим потребностям детей дошкольного и школьного возраста (конфеты и молочный шоколад, обогащенные кальцием и витамином D<sub>3</sub>, с повышенным содержанием белка и пищевых волокон). Работа продолжается в 2019 году.

Усовершенствована и внедрена технология производства молочных конфет типа «Коровка». Введение в рецептурный состав олигофруктозы и сорбитового сиропа позволяет замедлить процесс черствения конфет, обеспечить замедление в 1,4 раза процесса потери влаги конфетными корпусами, сохранение мягкой структуры, а также сохранность аморфной тянучки и кристаллической корочки толщиной до 3 мм на протяжении 2 месяцев.

Разработана и утверждена технологическая документация (ТИ, РЦ). Подготовлены «Указания к рецептурам на конфеты и ирис».

Изучено влияние высокобелкового сырья (концентрата сывороточного белка, гидролизованного коллагена) на реологические характеристики и показатели сбивной массы (растекаемость, плотность и пластическая прочность) для изготовления нуги с повышенным содержанием белка (16,0–17,0 %), что позволяет снизить содержание сахара и жира в готовой продукции.

Изучено влияние белка растительного (пшеничный белок, изолят горохового белка) и животного (сывороточный белок, молочный альбумин, коллаген гидролизованный) происхождения на процессы структурообразования и показатели (вязкость, пластическая прочность, растекаемость, плотность, прочность) зефирной, мармеладной и халвичной массы.

Установлено, что технологически обоснованным является использование белка животного происхождения для изготовления зефира на пектине, мармелада на желатине и подсолнечной халвы, пригодных для питания людей, испытывающих физические нагрузки, содержание белка в продукции составляет не менее 16 %, что выше в 1,3–16,0 раз по сравнению с традиционными изделиями.

Разработаны рецептурные составы и технологические режимы изготовления нового для Республики Беларусь вида кондитерской продукции – фруктовых батончиков. Научно обоснован выбор сырьевых ингредиентов, обеспечивающих получение продукции с необходимыми показателями качества, в том числе пригодной для питания детей дошкольного и школьного возраста.



В результате научных исследований применения структурообразующих компонентов и нетрадиционного сырья при создании конкурентоспособных кондитерских изделий с высокими показателями качества установлена возможность применения:

- ♦ сорбитового сиропа (5,0–7,5 %) для снижения интенсивности процесса черствения конфет из молочных масс;
- ♦ эмульгаторов («Гелеон 40.01» – 2,0 %; «Рикэмал СВ-65» – 0,5 %) для снижения процесса черствения конфет на основе кондитерских жиров;
- ♦ антиоксидантов (0,02–0,08 % к массе жира) для замедления процессов окислительной порчи кондитерских изделий, содержащих значительное количество жирового сырья;
- ♦ сухого картофельного пюре в количестве до 15,0 % взамен муки для повышения пищевой ценности печенья;
- ♦ модифицированного крахмала (10 %) для замены желатина при изготовлении желейных кондитерских изделий;
- ♦ сиропа с соотношением сахара, патоки, инвертного сиропа: сахар : патока 20 : 80, 30 : 70, С : П : И 20 : 70 : 10, 30 : 60 : 10; кондитерского жира – 10 % для получения продукции со стабильными показателями качества в процессе хранения.

Впервые изучена сохранность витаминов и показатели качества сбивных, желейных и мучных кондитерских изделий, обогащенных новыми ингредиентами на основе наноструктурных липидных систем, в процессе их хранения.

**Спиртовая и ликеро-водочная отрасли.** Разработаны научные основы биосинтеза этилового спирта при переработке сула повышенных концентраций. Подготовлены «Рекомендации по совершенствованию биосинтеза этилового спирта при переработке сула повышенных концентраций», позволяющие заложить основу для ресурсосберегающего ведения процесса производства спирта при совершенствовании существующих и создании новых технологий, подготовлена технологическая инструкция.

Разработаны и научно обоснованы базовые приемы совершенствования технологии созревания зерновых дистиллятов в контакте с древесиной дуба, что позволит создать отечественную технологию изготовления виски полного производственного цикла, и будет способствовать развитию производства различных групп выдержанных спиртных напитков на белорусских ликеро-водочных предприятиях.

Исследована динамика формирования органолептических характеристик и изменений физико-химических показателей отечественных зерновых дистиллятов в течение первых 9 месяцев выдержки при закладке дубовой щепы различных производителей. Установлено яркое развитие вкуса и аромата дистиллятов в образцах на американской и венгерской дубовой щепе при ее дозировке 2,5 и 4,0 г/дм<sup>3</sup>. При этом применение технологического приема ускоренного созревания способствует развитию в дистиллятах более интенсивной окраски (золотистой, янтарной) и появлению во вкусе округленных дубовых нот, легкой сладости, терпкости (танинности), легкой маслянистости. В производственных условиях ОАО «Брестский ЛВЗ «Белалко» была осуществлена закладка дистиллята на выдержку в 12 дубовых бочек для мониторинга их созревания. Разработаны технические условия «Напитки спиртные крепкие».

**Винодельческая отрасль.** Разработаны технологические режимы использования отходов виноделия (выжимок, головной, хвостовой фракций яблочного дистиллята и барды) в качестве вторичных сырьевых ресурсов с целью производства фруктовых дистиллятов, проведена оценка их микробиологической стабильности.

Проведен анализ органолептических и физико-химических показателей основных купажных компонентов коньяков. Новые полученные данные служат основой для разработки технологических режимов сокращения послекупажного отдыха коньяков при производстве из коньячных спиртов, а также способов предварительной обработки компонентов купажной смеси коньяков в зависимости от их количественного состава.

Установлены дифференцированные режимы использования технологических вспомогательных средств на этапе переработки фруктового и ягодного сырья (яблок, клубники, вишни), обеспечивающие формирование сортовых особенностей изготовленных из них фруктово-ягодных натуральных вин.

**Пивобезалкогольная отрасль.** Изготовлены опытные образцы оборудования для производства воды детской питьевой. Разработаны и внедрены системы менеджмента качества на участок по производству воды для детей на основе принципов HACCP, ISO9000, ISO22000. Утверждены технические

нормативно-правовые акты и технологическая документация (ТУ, ТИ) для производства питьевой воды для детей. Разработаны рекомендации по мониторингу и контролю физико-химических и органолептических показателей питьевой воды [2, 5].

Разработаны научно обоснованные биотехнологические приемы получения адсорбента микотоксинов нового поколения на основе оболочек дрожжевых клеток путем направленного гидролиза биополимеров дрожжевой клетки ферментами широкого спектра действия.

Сотрудники Центра по продовольствию совместно с представителями концерна «Белгоспищепром» и предприятий алкогольной отрасли принимали участие в работе Евразийской экономической комиссии по обсуждению и доработке проекта регламента «О безопасности алкогольной продукции».

В соответствии с распоряжением Совета Министров Республики Беларусь от 21.06.2018 № 06/505-138/7202р специалисты Центра принимали участие в разработке Плана мероприятий по регулированию алкогольной продукции на 2018–2021 гг.

В рамках выполнения вышеназванного Плана в 2018 году были проведены мероприятия по оптимизации производственных мощностей и перепрофилированию на более эффективные производства предприятий алкогольной отрасли и мероприятия по сокращению потерь и отходов при производстве алкогольной продукции в рамках процедур нормирования сырья и готовой продукции; разработаны две инструкции по расчету мощностей предприятий спиртовой и ликеро-водочных отраслей. Разрабатываются 2 энерго- и ресурсосберегающие технологии с последующим внедрением на предприятиях: технология сокращения послекупажного отдыха коньяков (на вино-водочном заводе «Колос» ОАО «Дорорс»), ресурсосберегающая технология использования отходов в качестве вторичных сырьевых ресурсов при производстве фруктовых дистиллятов (на УП «Иловское»).

Организованы 2 Дня качества представленной в торговле алкогольной продукции, на которых проведена оценка органолептических характеристик коньяков и кальвадосов, а также водок, изготовленных на отечественных этиловых ректифицированных спиртов. Проведены заседания Центральной дегустационной комиссии по постановке алкогольной продукции на производство, в т.ч. коньяков, бренди, фруктовых бренди, медовых, виноградных и фруктовых водок, плодовых, виноградных и игристых вин, других спиртных напитков.

Эксперты Центра приняли участие в Международном дегустационном конкурсе «Залаты келіх». Проведено 2 международных научно-технических семинара.

В рамках работ по стандартизации разработано 2 государственных стандарта и 2 изменения к государственному стандарту.

**Комбикормовая отрасль.** В рамках фундаментальных исследований разработана методика, проведены экспериментальные исследования и получены образцы микрогранул комбикормов диаметром 1,5; 1,2; 1; 0,9; 0,8; 0,7 мм. Установлено влияние размеров частиц сырья на физические характеристики микрогранул комбикорма (предел прочности и плотность) и определены необходимые характеристики оборудования для их получения (рабочее давление экструдирования и производительность одного отверстия фильеры).

Установлена возможность получения микрогранул комбикормов для мальков методом увлажнения агломерации на вибрационном ситовом грохоте. Определены рациональные параметры процесса и изготовлены опытные образцы микрогранул с размерами <0,5 мм; 0,5–0,8 мм; 0,8–1 мм. С целью упрочнения гранул комбикорма предложено напыление на гранулы комбикорма жировых компонентов и сухих порошков в вакуумной камере.

Обоснованы основные технологические и конструктивные параметры оборудования для производства комбикорма для рыб. Разработаны исходные требования и технические задания на опытные образцы лабораторного оборудования: пресс-гранулятор, охладитель гранул, систему напыления на гранулы комбикорма жировых компонентов и сухих порошков (обмасливатель), дробилку, смеситель. На основании проведенных исследований разработана конструкторская документация и изготовлены пресс-гранулятор Ш12-РПГ, охладитель гранул Ш12-РОГ, система напыления на гранулы комбикорма жировых компонентов и сухих порошков, дробилка и смеситель. Проведены испытания охладителя гранул и пресс-гранулятора, подтвердившие соответствие их основных технологических характеристик установленным требованиям.

**Качество продуктов питания.** Разработано информационно-методическое обеспечение оптимизации системы детского питания в Республике Беларусь, которое представляет собой совокупность рекомендаций, средств и методов, касающихся качества, ассортимента, норм и рационов питания, организации питания, налаживания партнерских отношений между органами власти, министерс-

твами, производителями, общественными организациями и населением, позволяющих оптимизировать систему детского питания в Республике Беларусь и насытить отечественный рынок качественной и конкурентоспособной продукцией для питания детей.

Методом опроса изучен режим питания студенческой молодёжи всех регионов Беларуси. Полученные результаты свидетельствуют о его несоответствии гигиеническим принципам и нормам: повседневный рацион исследуемой возрастной группы преимущественно углеводно-жировой, с недостаточным количеством животного белка, дефицитом витаминов и микроэлементов, овощей и фруктов. Отсутствует осведомленность о принципах здорового питания, что может являться дополнительным фактором риска развития неинфекционных заболеваний. С целью минимизации и преодоления этих негативных тенденций были разработаны соответствующие рекомендации для специалистов пищевой индустрии, общественного питания и органов здравоохранения.

На основании проведенных лабораторных исследований и изучения литературных источников проведена качественная оценка химического состава и пищевой ценности продуктов, потребляемых населением Республики Беларусь, и систематизация полученных данных. По результатам проведенной работы впервые в республике сформирована электронная база данных химического состава пищевых продуктов, которая размещена на сайте Центра по продовольствию.

Изучены особенности питания людей с артериальной гипертензией, выявлен дисбаланс поступления основных микро- и макроэлементов с продуктами питания, недостаток поступления витаминов, что может служить дополнительными факторами риска для здоровья на фоне уже имеющегося заболевания. Запланировано подготовить индивидуальные рекомендации по коррекции рационов питания обследованных больных.

Впервые в Республике Беларусь разработан алгоритм создания функциональных продуктов, позволяющий моделировать заданные свойства с учетом сенсорных предпочтений конкретной целевой аудитории, с использованием системы экспертной дегустационной оценки максимальной объективности.

С целью профилактики остеопороза проведена оценка витаминно-минерального состава основных групп пищевых продуктов, составляющих ежедневный рацион питания, и разработаны методические рекомендации по рациональному питанию.

Кроме того, с сентября 2018 года Центр по продовольствию участвует в испытании молочной продукции в соответствии с «Планом проведения лабораторных испытаний продукции животного происхождения по показателям качества» в рамках двухстороннего сотрудничества Департамента ветеринарного и продовольственного надзора Министерства сельского хозяйства и продовольствия РБ и Федеральной службы по ветеринарному и фитосанитарному надзору РФ. В течение 3 месяцев исследовано 177 образцов молочной продукции, оформлено 134 протокола.

По результатам работы коллектива Центра в 2018 году получено 10 патентов на изобретения, опубликовано 104 печатных издания (в том числе 4 книги, 49 статей, 51 тезис), проведены испытания более 21100 образцов пищевой продукции и сырья, оформлено более 7600 протоколов, выдано 5598 деклараций и 460 сертификатов соответствия, создано 367 новых продуктов питания, в том числе продукты питания для детей (чайные напитки, витаминизированный мармелад, зефир, сахарное и сдобное печенье, питьевая вода); продукты, обогащенные омега-3 жирными кислотами, белками, пищевыми волокнами, пищевые концентраты (сухие завтраки, супы, каши, кисели и др.); консервы для диабетического питания, соки прямого отжима, рыбная продукция и консервы, комбикорм для пресноводных видов рыб и др.

Разработана Стратегия повышения качества и безопасности пищевой продукции в Республике Беларусь до 2030 года, а также методики качественной оценки сырья и продуктов и оптимизации системы детского питания, что в совокупности позволит повысить конкурентоспособность отечественных продуктов и сократить импорт, и обеспечить население республики доступными по цене и качественными продуктами питания [6].

#### **Список использованных источников**

1. Ловкис, З.В. Гидравлика : учебное пособие / З.В. Ловкис, Б.А. Карташов, П.В. Лаврухин. — Ростов н/Д : Феникс, 2019. — 383 с.

2. Социальное положение и уровень жизни населения Республики Беларусь : статистический сборник / Национальный статистический комитет Республики Беларусь. – Минск : РУП «Информационно-вычислительный центр Национального статистического комитета Республики Беларусь», 2017. – 381 с.
3. Промышленность Республики Беларусь : статистический сборник / Национальный статистический комитет Республики Беларусь. – Минск : РУП «Информационно-вычислительный центр Национального статистического комитета Республики Беларусь», 2018. – 193 с.
4. Ловкис, З.В. Влияние конструктивных и технологических параметров роторного нагревателя на температуру нагрева воды / З.В. Ловкис, С.И. Корзан // Пищевая промышленность: наука и технологии. – 2018. – № 4. – С. 81–93.
5. Разработать новые виды обогащенных пищевых концентратов с использованием биопотенциала семян льна : отчет РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (заключ.) / рук.темы Ю.С. Усеня. – Минск, 2018. – 126 с. – № ГР 20164254.
6. 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.

#### References

1. Lovkis, Z.V. Gidravlika : uchebnoe posobie / Z.V. Lovkis, B.A. Kartashov, P.V. Lavruhin. – Rostov n/D : Feniks, 2019. – 383 с.
2. Social'noe polozhenie i uroven' zhizni naseleniya Respubliki Belarus' : statisticheskij sbornik / Nacional'nyj statisticheskij komitet Respubliki Belarus'. – Minsk : RUP «Informacionno-vychislitel'nyj centr Nacional'nogostatisticheskogokomiteta Respubliki Belarus', 2017. – 381 s.
3. Promyshlennost' Respubliki Belarus' : statisticheskij sbornik / Nacional'nyj statisticheskij komitet Respubliki Belarus'. – Minsk : RUP «Informacionno-vychislitel'nyj centr Nacional'no gostatisticheskogo komiteta Respubliki Belarus', 2018. – 193 s.
4. Lovkis, Z.V. Vliyanie konstruktivnyh i tekhnologicheskikh parametrov rotornogo nagrevatelya na temperaturu nagreva vody / Z.V. Lovkis, S.I. Korzan // Pishchevaya promyshlennost': nauka i tekhnologii. – 2018. – № 4. – S. 81–93.
5. Razrabotat' novye vidy obogashchennyh pishchevyh koncentratov s ispol'zovaniem biopotenciala semyan l'na : otchet RUP «Nauchno-prakticheskij centr Nacional'noj akademii nauk Belarusi po prodovol'stviyu» (zaklyuch.) / ruk. temy Yu.S. Usenya. – Minsk, 2018. – 126 s. – № GR 20164254.
6. Lovkis, Z.V. Innovacionnoe razvitee pishchevoj promyshlennosti: aspekty teorii i praktiki / Z.V. Lovkis, F.I. Suboch, E.Z. Lovkis ; RUP «Nauchno-prakticheskij centr Nacional'noj akademii nauk Belarusi po prodovol'stviyu». – Minsk : IVC Minfina, 2019. – 528 s.

#### 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

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

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

## **ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ДЕТСКОГО ПИТАНИЯ**

**Аннотация.** Питание – один из важнейших факторов, определяющих здоровье нации. Питание человека изменяется существенным образом в различные периоды жизни. Роль питания состоит в обеспечении адекватной работы всех органов и систем. В статье рассматриваются вопросы актуальности проблемы питания детей в дошкольных и школьных учреждениях, физиологические нарушения, происходящие в организме при недостаточном поступлении различных микро- и макроэлементов. Предложены основные направления работы и взаимодействия всех заинтересованных организаций и ведомств по оптимизации системы детского питания в республике.

**Ключевые слова:** детское питание, оптимизация

**V.V. Shylau, N.I. Beliakova, A.A. Zhurnia**

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

## **OPTIMIZATION OF THE SYSTEM OF CHILDREN'S NUTRITION**

**Abstract.** Nutrition is one of the most important factors determining the health of the nation. Human nutrition varies significantly in different periods of life. The role of nutrition is to ensure adequate work of all organs and systems. The article discusses the relevance of the problem of nutrition of children in pre-school and school institutions, physiological disorders occurring in the body with insufficient intake of various micro- and macronutrients. Proposals of the main directions of work and interaction of all interested organizations and departments on optimization of the system of baby food in the republic.

**Keywords:** children's nutrition, optimization

Питание – один из важнейших факторов, определяющих здоровье нации. По данным Национального статистического комитета Республики Беларусь на 2017 г. средняя ожидаемая продолжительность жизни при рождении у женщин составила 76,4 года, а у мужчин 64,7 года; в мире по этому показателю Республика Беларусь занимает только 86 место из 194 стран мира [1]. Правильное и полноценное питание ребенка на 50–60 % является залогом дальнейшего успешного функционирования организма в последующие годы жизни. Нормальный рост и развитие дошкольников и школьников, обеспечиваемые качественным и сбалансированным питанием, способствуют адаптации к окружающей среде, а также профилактике многих как инфекционных, так и неинфекционных заболеваний. В то же время нарушения в питании ребенка, выражающиеся либо в недостаточном, либо в чрезмерном потреблении нутриентов, может служить причиной развития различных патологических состояний.

В течение последних 150 лет отмечается акселерация детей и подростков (от лат. *acceleratio* – ускорение) – ускоренное развитие живого организма. Это выражается в превосходстве каждого последующего поколения по показателям физического, психического и умственного развития, возрастной готовности ребенка к получению и закреплению знаний и умений. Данные процессы сопровождаются изменениями обмена веществ в растущем организме (изменениями в потреблении энергии и белка, полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК), витаминов и микроэлементов). Поэтому с течением времени требуется пересмотр существующих норм питания школьников и дошкольников. Кроме того, питание человека изменяется существенным образом в различные периоды жизни. Характерным для младшего школьного возраста является незавершенность процессов

и быстрый темп развития, особая чувствительность и уязвимость к действию различных факторов внешней среды. Формирование опорно-двигательного аппарата, сердечно-сосудистой и дыхательной систем, желудочно-кишечного тракта, органов зрения продолжается и в 6–7 лет. Подростковый возраст (11–14 лет) – период максимального роста и потребления энергии ребенком. Он характеризуется усилением окислительных процессов, резко выраженными эндокринными сдвигами, усилением процесса полового созревания. Старший школьный возраст – начальная стадия физической зрелости и одновременно стадия завершения полового развития. К 18 годам завершается формирование жизненно важных органов и систем и физическое развитие юношей и девушек уже практически не отличается от физического развития взрослого человека. Это же касается и питания старшего школьника.

Для адекватного функционирования бронхо-легочной системы организм нуждается в поступлении достаточного количества белков, ПНЖК, фосфолипидов, витаминов А и Е; сердечно-сосудистой –  $\omega$ -6 и  $\omega$ -3 ПНЖК, кальция, калия, магния; пищеварительной – белка, углеводов, в т.ч. растительных волокон, ПНЖК, витаминов А, Е, D, С, B<sub>12</sub>, селена, мышечной – белка, углеводов, кальция, железа; кроветворной – белка, железа, меди, витаминов Е, С, B<sub>6</sub>, B<sub>12</sub>, фолиевой кислоты).

Роль питания в отношении психического здоровья индивидуума состоит в обеспечении адекватного метаболизма в тканях нервной системы. Эта задача решается путем поступления в достаточном количестве таких веществ как углеводы, витамины B<sub>1</sub>, B<sub>6</sub>, триптофана, глутаминовой кислоты. Немаловажную роль играет профилактика переутомления, особенно это важно у детей школьного возраста. Включение в рацион продуктов с оптимальным содержанием витаминов А, Е, С, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>6</sub>, кальция способствует решению этой проблемы.

По данным исследования «Изменение знаний, отношения и существующих практик в сфере развития детей от 0 до 7 лет и образования родителей», проведенного Детским фондом ООН ЮНИСЕФ и Министерством образования в 2012 г. в дошкольных учреждениях, потребление белка составляет лишь 93 % от нижней границы нормы физиологической потребности, а поступление белка животного происхождения составляет 82,1 % от нижней границы нормы. Дети получают лишь 62,9 % от рекомендуемого количества кальция, 60,2 % – фосфора, поступление магния и железа составляет 104,9 и 97,9 % соответственно [3].

Дефицит таких нутриентов как фтор, кальций, железа, меди, йод, цинк, селен,  $\omega$ -3 ПНЖК, витаминов А, Е, С, B<sub>6</sub>, ведут к развитию алиментарно-зависимых заболеваний и патологических состояний: кариеса, анемии, гипотиреоза, остеопении. Дефицит, витаминов А, С, цинка, селена ведет к снижению иммунного ответа. Нарушения режима питания, острая, соленая, жареная (особенно во фритюре) пища, специи, дефицит микронутриентов предрасполагают к развитию заболеваний желудочно-кишечного тракта (рис. 1).

Бич 21 века – ожирение у детей дошкольного и школьного возраста связано с избыточной калорийностью рациона, избыточным потреблением насыщенных жиров, продуктов с высоким гликемическим индексом, сладких безалкогольных напитков. У таких детей повышен риск развития в более старшем возрасте артериальной гипертензии, сахарного диабета 2-го типа, атеросклероза, ишемической болезни сердца. Количество детей с впервые установленным диагнозом ожирение и другие болезни обмена веществ по Республике Беларусь среди детей в возрасте 0–17 лет в 2016 г. составило 11 270 человек [4].

Организация питания школьников и дошкольников входит в сферу общественного питания, и решением этих задач, как правило, занимаются предприятия общественного питания при отделах образования. Согласно «Методических рекомендаций по организации питания обучающихся в учреждениях образования в 2017/2018 учебном году» питание в учреждениях образования организуется на основе примерных двухнедельных рационов, разрабатываемых с учетом физиологических потребностей в основных пищевых веществах и энергии, утвержденных норм питания, дифференцированных по возрасту обучающихся, с учетом сезонности (лето-осень, зима-весна), разнообразия и сочетания пищевых продуктов, способов их кулинарной обработки.

На основании сформированных примерных двухнедельных рационов питания с учетом товарного обеспечения, местных и иных особенностей составляются дневные рационы питания (меню), единые для обучающихся, которым предусмотрено питание за счет бюджетных средств, а также за счет средств родителей (законных представителей).

При составлении дневных рационов питания различие наборов продуктов каждой возрастной группы реализуется изменением выхода блюд или включением дополнительных блюд, изделий [2].



Рис. 1. Основные отклонения от принципов оптимального питания современных детей  
 Fig. 1. The main deviations from the principles of optimal nutrition for modern children

Основными проблемами, существующими на сегодняшний день при осуществлении питания детей дошкольного и школьного возраста, являются:

- 1) несоблюдение режима питания;
- 2) несоблюдение питьевого режима;
- 3) недостаточное потребление рыбы, кисломолочных продуктов, растительных масел, овощей, фруктов ведет к:
  - ♦ недостаточному потреблению ПНЖК, главным образом  $\omega$ -3 жирных кислот, серосодержащих аминокислот;
  - ♦ низкому потреблению гетерополисахаридов и клетчатки, пищевых волокон;
  - ♦ недостаточному потреблению микронутриентов: витаминов (С, В<sub>2</sub>, А, Е и  $\beta$ -каротина), кальция, железа, йода, цинка, фосфора, хрома, селена, меди, и других, пищевых антиоксидантов; растительных масел, ненасыщенных жирных кислот и фосфолипидов;
  - ♦ избыточное потребление соли;
  - ♦ избыточное потребление сахаров и высокожировых продуктов;
  - ♦ потребление значительных количеств пищевых ароматизаторов, красителей, консервантов, сахарозаменителей и других пищевых добавок;
  - ♦ потребление некачественных жиров, в том числе искусственных трансжиров;
  - ♦ избыток рафинированных продуктов, простых углеводов, животных жиров;
  - ♦ пребиотиков, молочнокислых бактерий и других пробиотиков.

Кроме описанных выше проблем, необходимо отметить отсутствие у многих школьников возможности питаться в школьной столовой по двум причинам: а) финансовая несостоятельность родителей, б) отказ ребенка питаться в столовой, потому как готовят там не вкусно. А еда должна быть не только полезной, но и вкусной. Кроме того, имеет место несоблюдение санитарно-эпидемиологического режима при приготовлении пищи, что в части случаев связано с небезопасностью употребления приготовленных блюд. Причинами служат несоблюдения сроков годности, правил хранения пищевых продуктов, нарушение технологии приготовления пищи. Учитывая все вышеизложенное, необходимо отметить, что здоровое питание детей должно обеспечивать достаточное количество макро- и микронутриентов, содержащихся в качественных и безопасных пищевых продуктах; нормальное развитие и оптимальную жизнедеятельность, способствующие укреплению детского здоровья и профилактике заболеваний.

Поиск путей оптимизации системы детского питания является задачей, которая решается на государственном уровне. Министерством здравоохранения Республики Беларусь в 2011 г. разработана Концепция государственной политики в области здорового питания населения Республики Беларусь и Программа действий по ее реализации. Данной программой предусмотрено проведение работы в учреждениях образования по повышению уровня информированности, формирования у обучающихся знаний в области здорового питания [5].

РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» разработана и внедряется «Концепция Государственной политики в области здорового питания населения Республики Беларусь на период до 2020 года». Целью Концепции является определение приоритетных направлений (технико-экономического, правового, научного, медицинского, санитарно-эпидемического, экологического, социального характера) научно-технической и социально-экономической политики страны, систематизация и координация деятельности государственных органов, организаций здравоохранения, пищевой и фармацевтической отраслей промышленности, научных и иных организаций Республики Беларусь по обеспечению полноценного, качественного и безопасного питания, направленного на улучшение состояния здоровья и качества жизни населения, устранение демографического дисбаланса.

Возможными путями оптимизации системы детского питания являются следующие:

1. Для разработки и внедрения системы и программ здорового питания необходимо, создать партнерские отношения между всеми заинтересованными в этом процессе сторонами.

2. Для согласования их действий важно иметь координирующий орган – Национальный совет по вопросам здорового питания. Функция такого органа должна заключаться не в том, чтобы администрировать, а именно координировать работу партнеров, находить возможности их взаимовыгодной деятельности, ведущей к укреплению здоровья населения в целом и детского в частности (рис. 2).

3. Это согласие должно основываться на отражении интересов всех партнеров, имеющих отношение к питанию. Для производителей – это в основном интерес экономической выгоды, а для других партнеров – представителей органов власти, Академии наук, Министерства образования, Министерства здравоохранения, Министерства торговли, общественных организаций – это вопросы обеспечения здоровья. Партнеры путем переговоров, встреч, обсуждений могут достичь согласия о целях и задачах сотрудничества, о приоритетах и путях их решения. Партнерство позволяет также увеличить ресурсы. Это могут быть прямые вложения, косвенные – через техническую и консультативную помощь, помощь кадрами и др.

4. Один из наиболее важных партнеров – это люди, граждане республики Беларусь. Отношение людей к питанию, их мнение, предпочтения, недостаточная осведомленность, их поведение в отношении питания формируют основные пищевые привычки.



Рис. 2. Возможные пути оптимизации питания детей дошкольного и школьного возраста  
 Fig. 2. Possible ways to optimize the nutrition of preschool and school children

Организация общественного питания по месту учебы состоит в оптимизация рационов и меню с включением в них разных групп продуктов-носителей различных микро- и макронутриентов, что достигается путем:

- ♦ повышения потребления молока и различных молочных продуктов, а также других продуктов, обогащенных пробиотиками;
- ♦ оптимизации жирнокислотного состава рациона (увеличение квоты рыбы, создание продуктов, обогащенных омега-3 ПНЖК);



- ♦ широким внедрением в рацион свежих овощей и фруктов и различных блюд из них;
- ♦ включением в рацион функциональных пищевых продуктов;
- ♦ повышением привлекательности и вкуса продуктов и блюд, предлагаемых детям, не связанные с включением в блюда соли, сахара, специй. Особое внимание необходимо уделять культуре обслуживания питанием обучающихся, эстетическому оформлению залов объектов общественного питания [2].

Немаловажное значение имеет также изучение общественного мнения при разработке системы здорового питания детей. Цель таких исследований – оценить мнение и отношение населения и представителей различных структур, вовлекаемых в разработку системы здорового питания. Мнение населения, в том числе детского возраста, в вопросах питания является ключевым. Такие исследования дают возможность оценить уровень информированности о здоровом питании, определить, в какой степени люди считают, что неправильное питание является фактором риска развития заболеваний. В ходе социологических опросов есть возможность определить основные проблемы и на основании этого разработать наиболее эффективные пути и методы развития системы здорового питания детей.

Одним из направлений реорганизации системы с целью оптимизации питания дошкольников и школьников может рассматриваться его централизация и индустриализация для обеспечения максимального контроля качества выпускаемой продукции при снижении себестоимости. Это возможно достичь путем создания единой системы школьного питания города (района) либо при организации центрального комбината питания, расположенного в месте наибольшей концентрации населения, либо школьной базовой столовой с полным производственным циклом и с необходимым производственным ресурсом. Для реализации любого из этих проектов необходимо провести анализ общих тенденций, современных экономических условий, детально изучить запросы, пожелания потребителей и имеющиеся ресурсы для работы оборудования с полной нагрузкой. Необходимо также разработать специальное меню для таких предприятий с учетом наличия диетического питания и логистики, а также способы раздачи, подобрать необходимое технологическое оборудование и транспорт для доставки потребителям готовой продукции. Поскольку одновременное обеспечение достаточным количеством горячих блюд всех садов и школ города не представляется возможным при централизации системы предприятий, обеспечивающих школьное питание, возможно вынесение на рассмотрение вопроса о внедрении современных технологий по приготовлению и заморозке готовой продукции по примеру системы Cook&Chill, которая внедрена в г. Казань (Татарстан, Российская Федерация). На заготовительной фабрике в течение рабочего дня там изготавливают полуфабрикаты высокой степени готовности, которые впоследствии охлаждаются, а затем во время обеда, разогреваются в школах и подаются в горячем виде детям [7].

Важную роль в оптимизации системы питания детей и подростков играет повышение их уровня образования в области здорового питания. На питание детей огромное влияние оказывает социальная среда – информация, привычки, реклама, семейные и национальные традиции, религиозные убеждения, уровень семейного дохода. Одной из главных причин неудовлетворительного состояния питания в нашей стране является отсутствие на всех уровнях знаний о принципах здорового питания. Школьная и дошкольная системы питания часто подвергаются критике за нездоровую пищу, которые способствуют развитию детского ожирения. Однако, опыт показывает, что при запрещении такой нездоровой пищи у детей вызывает протест и трудно заставить детей ее не есть. Поэтому первым шагом на пути изменения подходов к питанию, пищевых привычек является образование населения, как детей, так и родителей. От этого будет зависеть спрос на здоровые продукты питания и, следовательно, их производство. Специальные образовательные программы и мероприятия по пропаганде здорового питания призваны: просвещать детей, подростков и взрослых в вопросах здорового питания; стимулировать развитие кулинарных навыков, в том числе в школах; проводить консультирование по вопросам питания и рациона. Пищевое образование необходимо, чтобы помочь родителям иметь представление о сбалансированном питании и поощрять детей, чтобы сделать лучший выбор пищи.

В рамках учебных образовательных программ должны быть изложены основные принципы организации школьного питания, цели образовательных программ в области здорового питания и пропаганде здорового образа жизни. Одним из важных направлений в образовании населения должна стать работа с семьей. Учитывая важную социальную роль женщины, ее вовлечение в программу здорового питания позволит влиять на детей, родителей, и в целом на общество. Как показывает опыт других стран, мобилизация населения для участия в программе здорового питания является существенным фактором. Общественные объединения, такие как ассоциации потребителей, клубы здоровья и другие, могут эффективно влиять на развитие различных стратегий политики здорового питания детей.

Таким образом, для оптимизации системы питания детей и подростков в Республике Беларусь должны быть сделаны следующие шаги:

- ♦ проведение социологического опроса с целью выяснения отношения различных категорий населения, органов власти, министерств и ведомств, производителей пищевых продуктов для детей, торговых и общественных организаций к существующей системе детского питания с целью определения возможных путей ее совершенствования;
- ♦ разработка критериев и индикаторов оценки уровня и качества питания детей в организованных школьных и дошкольных учреждениях, а также в домашних хозяйствах Республики Беларусь на основе мирового опыта;
- ♦ проведение исследования качества, ассортимента и рациона детского питания путем опроса и анкетирования детей, учителей, воспитателей и родителей в различных населенных пунктах Республики Беларусь;
- ♦ разработка и внедрение специальных образовательных программ и пособий по пропаганде здорового питания и развитию кулинарных навыков у детей, подростков и взрослых с целью формирования правильного пищевого поведения;
- ♦ организация постоянного on-line консультирования родителей (горячую линию) по вопросам организации детского питания;
- ♦ организация работы специального интернет-ресурса для популяризации и внедрению здорового образа жизни;
- ♦ апробация на практике функционирования системы здорового питания в ряде школ и дошкольных учреждений с целью оценки возможности ее широкого внедрения в Республике Беларусь;
- ♦ разработка Национальных рекомендаций по здоровому питанию с учетом национальных традиций и имеющихся на белорусском рынке продуктов.

Таким образом, оптимизация системы школьного и дошкольного питания давно назрела в нашей республике и для скорейшего решения этой проблемы необходима организация постоянного взаимодействия между всеми заинтересованными сторонами, начиная от органов власти и заканчивая общественными организациями, представляющими интересы граждан.

#### Список использованных источников

1. Национальный статистический комитет Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/solialnaya-sfera/demografiya\\_2/g/ozhidaemaya-prodolzhitelnost-zhizni-pri-rozhdenii/](http://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/solialnaya-sfera/demografiya_2/g/ozhidaemaya-prodolzhitelnost-zhizni-pri-rozhdenii/). – Дата доступа: 16.08.2018.
2. Жукова, Н.П. Методические рекомендации по организации питания обучающихся в учреждениях образования в 2017/2018 учебном году: метод. рекомендации / Н.П. Жукова. – Минск: Министерство здравоохранения Республики Беларусь, 2017. – 14 с.
3. Как школа губит здоровье наших детей [Электронный ресурс] / В. Листопадов. – Режим доступа: [http://www.zautra.by/art.php?sn\\_nid=12373](http://www.zautra.by/art.php?sn_nid=12373). – Дата доступа: 16.08.2018.
4. Сеть, кадры организаций здравоохранения и заболеваемость населения в Республике Беларусь за 2016 год: стат. бюллетень / Минск, 2017 – 52 с.
5. Об утверждении Концепции реализации государственной политики формирования здорового образа жизни населения Республики Беларусь на период до 2020 года и отраслевого плана мероприятий по формированию здорового образа жизни, сохранению и укреплению здоровья населения Республики Беларусь на период до 2015 года [Электронный ресурс]: приказ Мин. здрав. Респ. Беларусь, 31.03.2011 N 335 // Министерство здравоохранения Республики Беларусь. – Режим доступа: <https://belzakon.net/%D0%97%D0%B0%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D0%BE%D0%B4%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%BE/%D0%9F%D1%80%D0%B8%D0%BA%D0%B0%D0%B7%D1%8B/2011/99492>– Дата доступа: 16.08.2018.
6. Концепция Государственной политики в области здорового питания населения Республики Беларусь на период до 2020 года / РУП «НПЦ НАН Беларуси по продов.». – Минск: [б. и.], 2015. – 12 с.
7. «Революция в системе школьного питания» от компании «РП-Технология» [Электронный ресурс]: материалы Всероссийского съезда «Здоровое поколение – здоровая Россия», 18–19 ноября 2008 г. – Режим доступа: [http://www.zpzi.ru/school\\_lunch/4207.html](http://www.zpzi.ru/school_lunch/4207.html). – Дата доступа: 16.08.2018.

## References

1. Natsional'nyy statisticheskiy komitet Respubliki Belarus' (*National Statistical Committee of the Republic of Belarus*) Available at: [http://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/solialnaya-sfera/demografiya\\_2/g/ozhidaemaya-prodolzhitelnost-zhizni-pri-rozhdenii/](http://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/solialnaya-sfera/demografiya_2/g/ozhidaemaya-prodolzhitelnost-zhizni-pri-rozhdenii/) (accessed 16 August 2018).
2. Zhukova N.P. Metodicheskiye rekomendatsii po organizatsii pitaniya obuchayushchikhsya v uchrezhdeniyakh obrazovaniya v 2017/2018 uchebnom godu: metod. Rekomendatsii (*Methodical recommendations on the organization of catering for students in educational institutions in 2017/2018 school year: method. recommendations*). Minsk, Ministerstvo zdravookhraneniya Respubliki Belarus', 2017, 14 p.
3. Kak shkola gubit zdorov'ye nashikh detey (*How the school ruins the health of our children*) Available at: [http://www.zautra.by/art.php?sn\\_nid=12373](http://www.zautra.by/art.php?sn_nid=12373) (accessed 16 August 2018).
4. Set', kadry organizatsiy zdravookhraneniya i zaboilevayemost' naseleniya v Respublike Belarus' za 2016 god: stat. byulleten' (*Network, staff of health organizations and the incidence of the population in the Republic of Belarus for 2016: stat. bulletin*). Minsk, 2017, 52 p.
5. Ob utverzhdenii Kontseptsii realizatsii gosudarstvennoy politiki formirovaniya zdorovogo obraza zhizni naseleniya Respubliki Belarus' na period do 2020 goda i otraslevogo plana meropriyatiy po formirovaniyu zdorovogo obraza zhizni, sokhraneniyu i ukrepleniyu zdorov'ya naseleniya Respubliki Belarus' na period do 2015 goda: prikaz Min. zdrav. Resp. Belarus', 31.03.2011 N 335 (*On the approval of the Concept for the implementation of the state policy for the formation of a healthy lifestyle of the population of the Republic of Belarus for the period until 2020 and the sectoral plan for the development of a healthy lifestyle, preservation and strengthening of the health of the population of the Republic of Belarus for the period until 2015 order Min. healthy. Rep. Belarus, 31.03.2011 N 335*) // Ministerstvo zdravookhraneniya Respubliki Belarus'. – Available at: <https://belzakon.net/%D0%97%D0%B0%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D0%BE%D0%B4%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%BE/%D0%9F%D1%80%D0%B8%D0%BA%D0%B0%D0%B7%D1%8B/2011/99492> (accessed 16 August 2018).
6. Kontseptsiya Gosudarstvennoy politiki v oblasti zdorovogo pitaniya naseleniya Respubliki Belarus' na period do 2020 goda (The Concept of the State Policy in the Field of Healthy Nutrition of the Population of the Republic of Belarus for the Period to 2020) / RUP «NPTS NAN Belarusi po prodov.» Minsk, 2015, 12 p.
7. “Revolutsiya v sisteme shkol'nogo pitaniya” otkompanii “RP-Tekhnologiya” (“Revolution in the school feeding system” from the company RP-Technology) Materialy Vserossiyskogo s'yezda «Zdorovoye pokoleniye – zdorovaya Rossiya» (Mat. All-Russ. Cong. “Healthy generation – healthy Russia”). Moscow. Available at: [http://www.zpzr.ru/school\\_lunch/4207.html](http://www.zpzr.ru/school_lunch/4207.html) (accessed 16 August 2018).

## Информация об авторах

*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](mailto: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](mailto: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: [otpit@tut.by](mailto:otpit@tut.by)

## Information about the authors

*Shylau Valery V.* – Ph.D. (Biological), head of the nutrition department of RUE “Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus” (29, Kozlova str., Minsk 220037, Belarus). E-mail: [valery.shilov@gmail.com](mailto:valery.shilov@gmail.com)

*Beliakova Natallia I.* – PhD (Medicine), Leading Specialist of the nutrition 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: [n\\_belyakova@tut.by](mailto:n_belyakova@tut.by)

*Zhurnia Hanna A.* – research fellow of the nutrition department of RUE “Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus” (29, Kozlova str., Minsk 220037, Belarus). E-mail: [otpit@tut.by](mailto:otpit@tut.by)

УДК 664.64.016.8

Поступила в редакцию 20.08.2018  
Received 20.08.2018**Т.В. Ивашкевич, Л.С. Колосовская, Н.С. Лаптенюк, Л.В. Карнышова**

*Научно-производственное республиканское дочернее унитарное предприятие «Белтехнохлеб» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию», (государственное предприятие «Белтехнохлеб»), г. Минск, Республика Беларусь*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ХЛЕБОПЕКАРНЫХ СВОЙСТВ РЖАНОЙ СЕЯНОЙ МУКИ ПО СОСТОЯНИЮ УГЛЕВОДНО-АМИЛАЗНОГО КОМПЛЕКСА, ГАЗООБРАЗУЮЩЕЙ И ГАЗОУДЕРЖИВАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ТЕСТА**

**Аннотация.** В статье представлены исследования хлебопекарных свойств ржаной сеяной муки, вырабатываемой мукомольными предприятиями Республики Беларусь, по состоянию углеводно-амилазного комплекса. Для изучения углеводно-амилазного комплекса ржаной сеяной муки определяли автолитическую активность и число падения. Установлены диапазоны числа падения и автолитической активности для муки ржаной сеяной. Проведены исследования газообразующей и газодерживающей способности ржаного теста из муки ржаной сеяной на приборе Реоферментометр F3, позволяющем контролировать скорость изменения давления образующего диоксида углерода с дифференцированной оценкой количества диоксида углерода, которое удерживается тестом при брожении, и количества диоксида углерода, которое выделяется из него. При анализе газодерживающей способности рассматривали коэффициент удержания углекислого газа ( $\text{CO}_2$ ), который учитывает объемы выделенного и удержанного в процессе брожения углекислого газа. Высокие значения газообразующей способности ржаного теста из муки ржаной сеяной (1807–2333)  $\text{cm}^3$  обусловлены большим содержанием в ржаной муке собственных сахаров и водорастворимых белков, а также наличием более активных амилолитических ферментов. Однако ржаная сеяная мука характеризуется низкой газодерживающей способностью теста вследствие особенности белков ржаной муки. Выявлено, что коэффициент газодерживания исследуемых образцов муки ржаной сеяной находится в интервале (61,1–74,6) %. Установлена динамика изменения газообразующей и газодерживающей способности муки ржаной сеяной в зависимости от автолитической активности. В интервале автолитической активности от 34,5 % до 41,4 % газообразование протекает интенсивно. Коэффициент газодерживания изменяется незначительно и составляет (66,3–68,8) %. По мере повышения значений автолитической активности наблюдается более интенсивное выделение диоксида углерода, коэффициент газодерживания снижается. Установлена связь газообразования и газодерживания в ржаном тесте.

**Ключевые слова:** ржаная сеяная мука, число падения, автолитическая активность, газообразующая, газодерживающая способность

**T.V. Ivashkevich, L.S. Kolosovskaya, N.S. Laptенок, L.V. Karnishova**

*Scientific Production Republican Associated Unitary Enterprise BELTEHNOHLEB by the RUE «Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Food», Minsk, Republic of Belarus*

## **RESEARCH OF THE BAKERY PROPERTIES OF RYEAN SEEDBALL ON THE CONDITION OF THE CARBON-AMYLAZ COMPLEX, GAS FORMING AND GAS CONTAINING TEST**

**Abstract.** The article presents the research of the baking properties of rye seeded flour produced by the milling enterprises of the Republic of Belarus, as a carbohydrate-amylase complex. To study the carbohydrate-amylase complex of rye seeded flour, autolytic activity and the fall number were determined. The ranges of falling numbers and autolytic activity for seeded rye flour are established. Studies of the gas-forming and gas-

holding capacity of rye dough made of rye flour seeded with a Reofermentometr F3, allows you to control the rate of change of pressure forming carbon dioxide with a differentiated assessment of the amount of carbon dioxide that is held by the fermentation test, and the amount of carbon dioxide that is released from it. When analyzing the gas retention capacity, we considered the coefficient of retention of carbon dioxide (CO<sub>2</sub>), which takes into account the volumes of carbon dioxide emitted and retained during fermentation. High values of the gas-forming ability of rye dough made of rye flour (1807–2333) cm<sup>3</sup> are due to the high content of own sugars and water-soluble proteins in rye flour, as well as the presence of more active amylolytic enzymes. However, seeded rye flour is characterized by a low gas-holding capacity of the dough due to the peculiarities of rye flour proteins. It was revealed that the gas content ratio of the studied specimens of rye seeded flour is in the range (61.1–74.6) %. The dynamics of changes in gas-generating and gas-holding capacity of rye seeded flour depending on autolytic activity has been established. In the range of autolytic activity from 34.5 % to 41.4 % gas formation is intense. The gas retention coefficient varies slightly and amounts to (66.3–68.8) %. As the autolytic activity values increase, more intensive carbon dioxide emission is observed, the gas holding coefficient decreases. The connection of gas formation and gas retention in rye dough is established.

**Keywords:** rye seeded flour, falling number, autolytic activity, gas-forming, gas-holding capacity

**Введение.** В настоящее время потребители уделяют большое внимание качеству продукции. Успешное продвижение продукта на потребительском рынке и его способность конкурировать с подобными продуктами зависит от качества [1].

Большую группу в ассортименте хлебобулочных изделий занимают изделия с использованием ржаной муки, которая с точки зрения пищевой ценности характеризуется повышенным содержанием незаменимых аминокислот, витаминов группы В, минеральных элементов и пищевых волокон.

Качество и пищевая ценность хлеба зависит от вида и сорта муки, дополнительного сырья, правильности ведения технологического процесса, условий производства и других факторов [2].

В Республике Беларусь показатели качества ржаной муки регламентируются в ГОСТ 7045-90 «Мука ржаная хлебопекарная. Технические условия». Настоящий стандарт распространяется на ржаную хлебопекарную муку, получаемую в результате размола зерна ржи [3].

Особенности химического состава ржаной муки определяют её хлебопекарные свойства, резко отличающиеся от пшеничной муки. В отличие от пшеницы, где важнейшую роль в формировании хлебопекарных свойств играет клейковина, хлебопекарные свойства ржаной муки определяются состоянием ее углеводно-амилазного комплекса [4–6]. Анализ ржаной муки по углеводно-амилазному комплексу, газообразующей и газодерживающей способности теста предопределяет качественные показатели хлебобулочных изделий, позволяет получать объективную оценку хлебопекарных свойств муки, а также использовать ее при оптимизации технологических параметров без проведения пробных лабораторных выпечек [7, 8].

С учетом вышеизложенного становится актуальной оценка состояния углеводно-амилазного комплекса ржаной муки.

**Цель** – исследование хлебопекарных свойств ржаной сеяной муки по состоянию углеводно-амилазного комплекса и активности ферментов, проведение исследований газообразующей и газодерживающей способности теста из ржаной сеяной муки на приборе Rheofermentometer F3.

**Материалы и методы исследований.** Объектом исследований являлась мука ржаная сеяная, вырабатываемая мукомольными предприятиями Республики Беларусь.

**Научная новизна** заключается в получении данных о состоянии углеводно-амилазного комплекса муки ржаной, что позволит обеспечить выпуск хлебобулочной продукции хорошего качества, даст возможность корректировать технологический процесс производства ржаных и ржано-пшеничных хлебобулочных изделий.

Исследования образцов муки ржаной сеяной по физико-химическим показателям качества проводились по следующим техническим нормативным правовым актам (ТНПА):

- ♦ ГОСТ 27495-87 Мука. Метод определения автолитической активности. Сущность метода заключается в определении количества водорастворимых веществ, образующихся при прогревании водно-мучной болтушки, с помощью рефрактометра [9];
- ♦ ГОСТ 27676-88. Зерно и продукты его переработки. Метод определения числа падения. Сущность метода заключается в определении времени свободного падения шток-мешалки в клейстеризованной водно-мучной суспензии [10].

Для определения газообразующей и газодерживающей способности теста в процессе брожения использовали прибор Реоферментометр F3, позволяющий контролировать скорость изменения дав-

ления образующего диоксида углерода с дифференцированной оценкой количества диоксида углерода, которое удерживается тестом при брожении, и количества диоксида углерода, которое выделяется из него. При анализе газодерживающей способности рассматривали коэффициент удержания углекислого газа (CO<sub>2</sub>), который учитывает объемы выделенного и удержанного в процессе брожения углекислого газа [11, 12].

**Результаты исследований и их обсуждение.** В испытательной лаборатории Государственного предприятия «Белтехнохлеб» проведены исследования углеводно-амилазного комплекса (по числу падения и автолитической активности) 14 образцов муки ржаной сеяной, выработанной ОАО «Калинковичхлебопродукт», ОАО «Витебский КХП», ОАО «Барановичский КХП», ОАО «Слуцкий КХП», ОАО «Минский КХП», ОАО «Борисовский КХП», ОАО «Брестхлебопродукт», ОАО «Лидахлебопродукт», ОАО «Гомельхлебопродукт», ОАО «Климовичский КХП» и ОАО «Молодечненский КХП». На основании полученных результатов установлены диапазоны числа падения и автолитической активности. Число падения исследованных образцов муки ржаной сеяной составляет (165–281) с, автолитическая активность находится в интервале (34,5–53,3) %.

Исследуемые образцы муки ржаной сеяной по значениям автолитической активности разделены на три группы:

- ♦ пониженная – до 35 % (1 образец);
- ♦ нормальная – от 36 до 50 % (9 образцов);
- ♦ повышенная – свыше 50,0 % (4 образца).

На основании проведенных исследований образцов муки ржаной сеяной получена зависимость числа падения и автолитической активности, которая представлена на рис. 1.



Рис. 1. Зависимость числа падения и автолитической активности  
 Fig. 1. The dependence of the number of fall and autolytic activity

В соответствии с рис. 1, в диапазоне значений числа падения до 200 с автолитическая активность высокая. По мере повышения показателя числа падения происходит снижение активности альфа-амилазы – более высоким значениям показателя числа падения соответствуют низкие значения автолитической активности.

Также были проведены исследования газообразующей и газодерживающей способности теста из ржаной сеяной муки на приборе Rheofermentometer F3.

Как известно, газообразующая способность муки зависит от состояния углеводно-амилазного комплекса и характеризуется количеством углекислого газа (CO<sub>2</sub>) в см<sup>3</sup>, выделившегося за установленный период времени при брожении теста, замешанного при определенном соотношении муки, воды и дрожжей. Газодерживающей способностью называют способность муки образовывать тесто, удерживающее то или иное количество углекислого газа, выделяющегося в тесте при его брожении [4, 5]. В отличие от теста пшеничного, в котором за удержание газов и как следствие, характер мякиша, отвечает белковая структура – клейковина, в ржаном тесте подобную функцию выполняют вещества углеводной группы – пентозаны (слизи). Белки ржаной муки при замесе теста не образуют клейковины, которая определяет газодерживающую способность теста [5].

Полученные результаты газодерживающей и газообразующей способности исследуемых образцов муки ржаной сеяной представлены в табл. 1.

Таблица 1. Показатели реоферментометрических свойств образцов муки ржаной сеяной  
Table 1. Indicators of reofermentometric properties of rye seeded

Наименование образца	Объем выделенного CO <sub>2</sub> , см <sup>3</sup>	Объем удержанного CO <sub>2</sub> , см <sup>3</sup>	Объем потерянного CO <sub>2</sub> , см <sup>3</sup>	Коэффициент удержания CO <sub>2</sub> , %	Максимальный подъем теста, мм
Образец №1	2078	1378	700	66,3	29,9
Образец №2	2184	1373	811	62,9	30,1
Образец №3	2333	1430	903	61,3	29,0
Образец №4	2018	1382	636	68,5	27,7
Образец №5	2180	1401	779	64,3	32,8
Образец №6	2323	1565	758	67,4	30,1
Образец №7	2013	1422	591	68,8	31,0
Образец №8	2118	1410	707	66,1	33,7
Образец №9	1714	1249	465	74,6	27,2
Образец №10	2144	1401	743	65,3	26,6
Образец №11	2369	1448	921	61,1	32,5
Образец №12	1807	1317	490	72,9	27,5
Образец №13	1973	1387	586	70,3	28,2
Образец №14	1951	1339	612	68,6	28,3

В результате проведенных исследований установлено, что газообразующая способность муки ржаной сеяной находится в интервале (1714–2369) см<sup>3</sup>. Как видно из табл. 1, большинство исследуемых образцов муки характеризуются достаточно высокой газообразующей способностью – (2018–2369) см<sup>3</sup>. Высокие значения газообразующей способности обусловлены большим содержанием в ржаной муке собственных сахаров и водорастворимых белков, а также наличием более активных амилолитических ферментов. В нормальном непророщенном зерне ржи наряду с бета-амилазой содержится достаточно большое количество активной альфа-амилазы. Наличие альфа-амилазы обеспечивает более полный гидролиз крахмала, а, следовательно, высокую сахарообразующую способность и, как следствие, более высокие значения газообразующей способности муки ржаной [6].

Однако ржаная сеяная мука характеризуется низкой газоудерживающей способностью теста вследствие особенностей белков ржаной муки, которые не способны к образованию клейковины из-за значительного количества декстринов и водорастворимых пентозанов [5]. Выявлено, что коэффициент газоудержания исследуемых образцов муки ржаной сеяной находится в интервале (61,1–74,6) %.

Установлена динамика газообразующей и газоудерживающей способности исследуемых образцов муки ржаной сеяной, представленная на рис. 2.

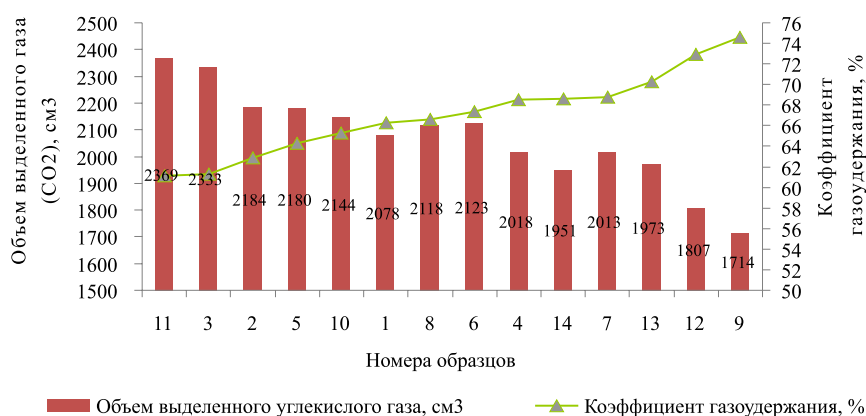


Рис. 2. Динамика газообразующей и газоудерживающей способности муки ржаной сеяной  
Fig. 2. Dynamics of gas-forming and gas-holding capacity of dough made of rye flour

В соответствии с рис. 2, наибольшая интенсивность газообразования наблюдается у образцов муки №11 и №3 – 2369 и 2333 см<sup>3</sup> соответственно. Как известно, количество водорастворимых веществ зависит от активности амилолитических ферментов. Автолитическая активность указанных образцов достаточно высокая и составляет 51,4 % и 52,6 % соответственно. Чем выше активность амило-

литических ферментов, тем больше образуется сахаров, и тем активнее протекает брожение, сопровождающееся выделением углекислого газа, что подтверждается значениями газообразования. Указанные образцы муки ржаной сеяной имеют самые низкие коэффициенты газоудержания – 61,3 % и 61,1 % соответственно. Газоудерживающая способность ржаной муки зависит от вязкости теста. Чем выше автолитическая активность муки, тем раньше и интенсивнее начинается разжижение клейстера и тем ниже будет его вязкость, что объясняет низкую способность к газоудержанию.

Наряду с этим были отмечены образцы муки ржаной сеяной с высокой автолитической активностью, но с более низкими значениями газообразующей способности – образцы № 9 и № 12 – 1714 и 1807 см<sup>3</sup> соответственно. Коэффициент газоудержания указанных образцов муки самый высокий и составляет 74,6 % и 72,9 % соответственно.

Следует отметить, что на газообразующую способность муки оказывает влияние не только активность амилолитических ферментов, но и состояние крахмала в муке (размер и степень поврежденности крахмальных зерен). Крупность и целостность крахмальных зерен влияют на консистенцию теста, его водопоглотительную способность и содержание в нем сахаров. Мелкие и поврежденные зерна крахмала способны больше связать влаги в тесте, легко поддаются действию ферментов в процессе приготовления теста, чем крупные и плотные зерна [5]. Можно предположить, что данные образцы муки содержат более плотные и крупные зерна крахмала. Чем крупнее зёрна крахмала, тем меньше эти зёрна разрушены или повреждены, тем меньше атакуемость этого субстрата бета-амилазой, в результате сахаров образуется меньше, меньше сахарообразующая способность, и, как следствие, уменьшение газообразующей способности муки. Невысокая степень поврежденных зерен крахмала обуславливает повышенную вязкость крахмальной суспензии.

На основании имеющихся литературных данных, высокая вязкость и пониженная упругость теста из ржаной муки во многом определяются свойствами слизистых веществ [4, 5]. Повышенное содержание слизи в ржаной муке влияет на консистенцию ржаного теста. Слизь препятствует образованию в ржаном тесте клейковинного каркаса, замедляют набухание крахмала, а это ведет к снижению разжижения теста, за счет чего увеличивается вязкость теста, и как следствие, возрастает его газоудерживающая способность.

Для объяснения процессов газообразования, газоудержания и взаимосвязи с автолитической активностью данных образцов муки ржаной сеяной дополнительно проводили исследования на приборе Миксолаб по стандартному протоколу «Chopin+». Для проведения испытаний были отобраны образцы муки ржаной сеяной №№ 9, 12, 11, 3 с разными коэффициентами газоудержания. Полученные результаты представлены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2. Индексы качества муки ржаной сеяной, полученные на приборе Миксолаб  
Table 2. Quality indices of rye seeded flour obtained on the device Mixolab

Наименование образцов	Индекс качества муки, балл					
	Индекс ВПС	Индекс Замеса	Индекс Клейковины	Индекс Вязкости	Индекс Амилолитической активности	Индекс Ретрограда ции
Образец № 9	8	0	9	8	1	2
Образец № 12	8	0	8	8	2	2
Образец № 3	9	0	9	4	1	2
Образец № 11	9	0	8	4	1	2

Как видно из табл. 2, высокие индексы ВПС соответствуют высокой водопоглотительной способности муки ржаной сеяной. Чем мельче мука, тем больше будет способность этой муки коллоидно связывать воду в процессе замеса теста, тем больше будет ее водопоглотительная способность [4]. Образцы муки ржаной сеяной № 3 и № 11 с низкими коэффициентами газоудержания (61,3 % и 61,1 %) характеризуются большей водопоглотительной способностью (63,8 % и 64,1 %). Индекс вязкости составляет 4 балла. Значения индекса вязкости связаны со структурой крахмала. Чем ниже вязкость теста, тем больше его разжижение, что вызывает снижение газоудерживающей способности.

Крахмальные зерна образцов № 9 и № 12 образуют плотный вязкий клейстер, что обуславливает высокую вязкость теста (индекс вязкости 8) и меньшее его разжижение. Плотная консистенция теста позволяет удерживать почти весь газ или большую его часть, в результате чего показатель газоудерживающей способности самый высокий – 74,6 % и 72,9 % (рис. 2).

Таким образом, в зависимости от активности ферментов и свойств крахмала муки обусловлена вязкость ржаного теста в большей или меньшей степени.



В результате проведенных исследований установлена динамика изменения газообразующей и газоудерживающей способности муки ржаной сеяной в зависимости от автолитической активности исследуемых образцов муки, представленная на рис. 3.

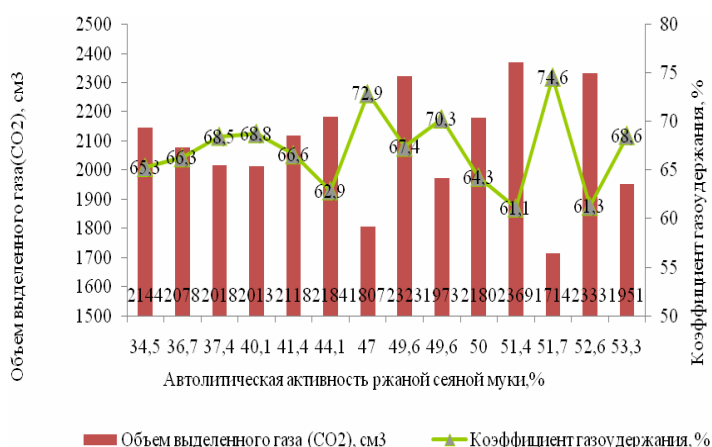


Рис. 3. Динамика изменения газообразующей и газоудерживающей способности муки ржаной сеяной в зависимости от автолитической активности

Fig. 3. Dynamics of change in gas-forming and gas-holding capacity of dough made of rye flour depending on autolytic activity

В соответствии с рис. 3, в интервале автолитической активности от 34,5 % до 41,4 % газообразование протекает интенсивно. Коэффициент газоудержания изменяется незначительно и составляет (66,3–68,8) %.

По мере повышения значений автолитической активности наблюдается более интенсивное выделение диоксида углерода, коэффициент газоудержания снижается.

Исключения составляют образцы муки ржаной сеяной с автолитической активностью 47,0 % и 51,7 %. Как было отмечено выше, указанные образцы муки ржаной сеяной (№№ 9 и 12) характеризуются более плотными зёрнами крахмала и образуют вязкий коллоидный раствор. Плотная консистенция теста позволяет удерживать почти весь газ или большую его часть, в результате чего показатель газоудерживающей способности увеличивается (рис. 4).

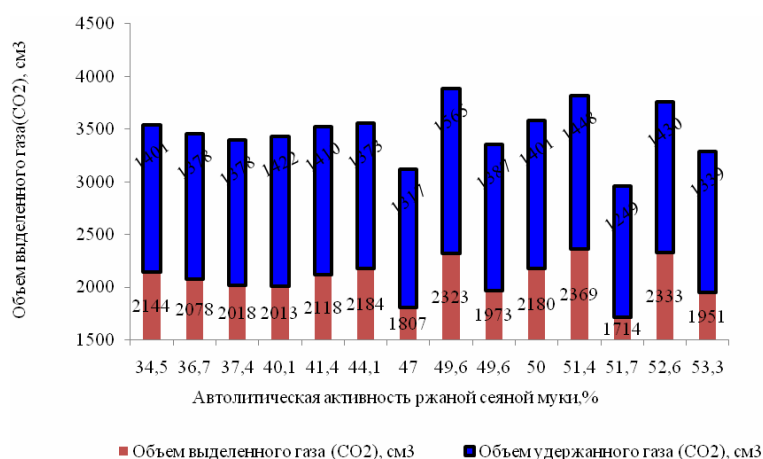


Рис. 4. Диаграмма объемов выделенного и удержанного углекислого газа (CO<sub>2</sub>) исследуемых образцов муки ржаной сеяной

Fig. 4. Chart of the volume of carbon dioxide emitted and retained (CO<sub>2</sub>) of the studied samples of rye-seeded flour

В результате проведенных исследований можно сделать вывод, что исследуемые образцы муки ржаной сеяной характеризуются достаточно высокой газообразующей способностью.

Установлено, что чем больше образуется углекислого газа, тем больше его выделяется из теста, тем самым снижается показатель газодерживающей способности теста. Выявлено, что связь между газообразующей и газодерживающей способностью теста имеет обратную зависимость и обусловлена практически отсутствием клейковины, которая могла бы удерживать образующийся при брожении теста углекислый газ.

Наряду с этим следует отметить, что газообразующая способность муки зависит от активности альфа-амилазы и свойств самого крахмала — его атакуемости амилолитическими ферментами, связанной с поврежденностью крахмальных зерен. По результатам исследований установлено, что в тонко размолотой муке ферментативные процессы расщепления крахмала и белков протекают быстрее, тесто разжижается, поэтому ее газообразующая способность выше, а газодерживающая — ниже. Крупные и менее поврежденные зерна крахмала обуславливают высокую вязкость теста и, следовательно, меньшее его разжижение, что объясняет более высокие значения коэффициента газодерживания некоторых образцов муки ржаной сеяной.

**Выводы.** Проанализированы и сопоставлены данные по числу падения и автолитической активности исследуемых образцов ржаной сеяной муки. Исследуемые образцы ржаной сеяной муки разделены три группы по автолитической активности: пониженная, нормальная и повышенная. По мере повышения показателя числа падения происходит снижение активности альфа-амилазы — более высоким значениям показателя числа падения соответствуют низкие значения автолитической активности.

На основании проведенных исследований установлена динамика изменения газообразующей и газодерживающей способности муки ржаной сеяной от автолитической активности. В интервале автолитической активности от 34,5 % до 41,4 % газообразование протекает интенсивно. Коэффициент газодерживания изменяется незначительно и составляет (66,3–68,8) %. По мере повышения значений автолитической активности наблюдается более интенсивное выделение диоксида углерода, коэффициент газодерживания снижается. В результате исследований образцов муки ржаной сеяной выявлено, что чем больше образуется углекислого газа, тем больше его выделяется из теста, тем самым снижается показатель газодерживающей способности теста.

#### Список использованных источников

1. Березина, Н.А. Расширение ассортимента и повышение качества ржано-пшеничных хлебобулочных изделий с сахаросодержащими добавками: монография / Н.А. Березина. — Орел: ФГБОУ ВПО «Госуниверситет — УНПК», 2012. — 232 с.
2. Контроль влияния автолитической активности муки на качество ржаного хлеба [Электронный ресурс]. — Минск, 2016. — Режим доступа: <http://ipdo.kiev.ua>. — Дата доступа: 22.02.2017.
3. Мука ржаная хлебопекарная. Технические условия : СТБ 7045-90. — Введ. 01.07.91. — Минск : Научно-производственное республиканское унитарное предприятие «Белорусский государственный институт стандартизации и сертификации», переиздание 2012. — 4 с.
4. Ауэрман, Л.Я. Технология хлебопекарного производства: Учебник — 9-е изд.; перераб. и доп./ Под общ. ред. Л.И. Пучковой. — СПб. Профессия, 2005. — 416 с.
5. Цыганова, Т.Б. Технология хлебопекарного производства/ Т.Б. Цыганова. — Москва, 2001. — С. 61–68 с.
6. Пучкова, Л.И. Технология хлеба. / Л.И. Пучкова, Р.Д. Поландова, И.В. Матвеева. — СПб : «Гирд», 2005. — 559 с.
7. Мелешкина, Е.И. ЧП, автолитическая активность и амилограф / Е.И. Мелешкина // Хлебопродукты. — 2005. — № 10. — С. 24–25.
8. Мелешкина, Е.И. Связь числа падения со свойствами углеводно-амилазного комплекса муки / Е.И. Мелешкина // Хлебопродукты. — 2005. — № 9. — С. 28–31.
9. Мука. Метод определения автолитической активности : ГОСТ 27495-87. — Введ. 01.01.89. — Минск : Научно-производственное республиканское унитарное предприятие «Белорусский государственный институт стандартизации и сертификации», переиздание 2012. — 3 с.
10. Зерно и продукты его переработки. Метод определения числа падения : ГОСТ 27676-88. — Введ. 01.07.90. — Минск : Научно-производственное республиканское унитарное предприятие «Белорусский государственный институт стандартизации и сертификации», переиздание 2012. — 4 с.

11. Черных, В.Я. Многопараметрический метод контроля технологических свойств ржаной хлебопекарной муки / В.Я. Черных, Н.Ю. Быкова // Хлебопродукты. – 2015. – № 12. – С. 44–49.
12. Руководство по приложениям Rheofermentometre F3 – Франция: Лаборатория приложений CHOPIN, 2004. – 84 с.

### References

1. Berezina, N.A. Expansion of the range and quality improvement of rye-wheat bakery products with sugar-containing additives: monograph / N.A. Berezina. – Orel: State University – UNPK, 2012. – 232 p.
2. Control the influence of autolytic activity of flour on the quality of rye bread [Electronic resource]. – Minsk, 2016. – Access mode : <http://ipdo.kiev.ua>. – Access date : 02.22.2017.
3. Baking rye flour. Specifications : STB 7045-90. – Enter 01.07.91. – Minsk : Scientific-Production Republican Unitary Enterprise “Belarusian State Institute of Standardization and Certification”, reprint 2012. – 4 p.
4. Auerman, L.Ya. Bakery Technology: A Textbook – 9th ed. ; reclaiming and additional / Under total. ed. L.I. Puchkova. – SPb. Profession, 2005. – 416 p.
5. Tsyganova, T.B. Technology of bakery production / T.B. Tsyganov. – Moscow, 2001. – P. 61–68.
6. Puchkova, L.I., Polandova R.D., Matveeva I.V. Bread Technology / L.I. Puchkova, R.D. Polandova, I.V. Matveeva. – St. Petersburg : Giord, 2005. – 559 p.
7. Meleshkina, E.I. PE, autolytic activity and amylograph / E.I. Meleshkina // Khleboprodukty. – 2005. – № 10. – P. 24–25.
8. Meleshkina, E.I. The connection of the number of falling with the properties of the carbohydrate-amylase complex of flour / E.I. Meleshkina // Khleboprodukty. – 2005. – № 9. – P. 28–31.
9. Flour. Method for the determination of autolytic activity: GOST 27495-87. – Enter 01.01.89. – Minsk : Scientific and Production Republican Unitary Enterprise “Belarusian State Institute of Standardization and Certification”, reprint 2012. – 3 p.
10. Grain and its products. Method for determining the number of falling: GOST 27676-88. – Enter 01.07.90. – Minsk : Scientific and Production Republican Unitary Enterprise Belarusian State Institute of Standardization and Certification, reprinted 2012. – 4 p.
11. Chernykh, V.Ya. Multi-parameter method of controlling the technological properties of rye bread flour / V.Ya. Chernykh, N.Yu. Bykova// Khleboprodukty. – 2015. – № 12. – P. 44–49.
12. Application Guide Rheofermentometre F3 – France: Application Laboratory CHOPIN, 2004. – 84 p.

### Информация об авторах

*Ивашкевич Татьяна Валерьевна* – ведущий специалист (химик) испытательной лаборатории Государственного предприятия «Белтехнохлеб» (ул. Раковская, 30, 220004, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: [tv-ivashkevich.75@mail.ru](mailto:tv-ivashkevich.75@mail.ru)

*Колосовская Лариса Станиславовна* – директор Государственного предприятия «Белтехнохлеб», (ул. Раковская, 30, 220004, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: [texhleb@mail.ru](mailto:texhleb@mail.ru)

*Лаптенок Наталья Сергеевна* – заместитель директора Государственного предприятия «Белтехнохлеб», (ул. Раковская, 30, 220004, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: [laptenokn@mail.ru](mailto:laptenokn@mail.ru)

*Карнышова Людмила Васильевна* – заведующий испытательной лабораторией Государственного предприятия «Белтехнохлеб» (ул. Раковская, 30, 220004, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: [hleblab@mail.ru](mailto:hleblab@mail.ru)

### Information about authors

*Ivashkevich Tatiana V.* – leading specialist (chemist) testing laboratory of the State Enterprise «Beltechnohleb» (Rakovskaya St., 30, 220004, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: [tv-ivashkevich.75@mail.ru](mailto:tv-ivashkevich.75@mail.ru)

*Kolosovskaya Larisa S.* – Director of the State Enterprise Beltechnohleb, (30 Rakovskaya St., 220004, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: [texhleb@mail.ru](mailto:texhleb@mail.ru)

*Laptenok Natalia S.* – Deputy Director of the State Enterprise Beltechnohleb, (30 Rakovskaya St., 220004, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: [laptenokn@mail.ru](mailto:laptenokn@mail.ru)

*Karnyshova Lyudmila V.* – Head of the Testing Laboratory of the State Enterprise Beltechnohleb (Rakovskaya St., 30, 220004, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: [hleblab@mail.ru](mailto:hleblab@mail.ru)

УДК 658.56+664.144

Поступила в редакцию 28.01.2019  
Received 28.01.2019

А.Н. Лилишенцева<sup>1</sup>, Л.А. Мельникова<sup>1</sup>, С.Е. Томашевич<sup>2</sup>,  
М.С. Селиванова<sup>1</sup>, Ю.А. Мельник<sup>1</sup>

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

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

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ QFD-МЕТОДОЛОГИИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ОБОГАЩЕННОГО ЗЕФИРА

**Аннотация.** Особенностью химического состава зефира, как и других кондитерских изделий, является содержание в нем большого количества сахара, отсутствие витаминов, низкое содержание пищевых волокон и минеральных веществ, что обуславливает его низкую пищевую ценность. В этой связи актуальными являются исследования в области разработки рецептурного состава зефира с использованием натуральных растительных компонентов с целью повышения физиологической ценности зефира и расширения его ассортимента. Применение методов квалиметрического прогнозирования при разработке нового вида зефира позволит создать продукт, обладающий высокими потребительскими свойствами и отвечающий требованиям современных покупателей.

В статье представлены результаты разработки нового вида зефира, обогащенного пищевыми волокнами. При проектировании зефира использовали QFD-методологию (метод развертывания функции качества), в результате чего впервые была разработана матрица потребительских требований к зефиру. Представлены результаты исследований о влиянии яблочной клетчатки на процессы пенообразования сбивных масс зефира на агаре и на показатели качества обогащенного зефира в процессе хранения. Установлено, что внесение сухой яблочной клетчатки в дозировках 6,3–13,3 % к массе сахара, обеспечивающих 10 и 20 % от суточной нормы потребления пищевых волокон в 100 г зефира, позволяет снизить сахароемкость изделий на 5,4–10,9%, калорийность на 8–10%. Содержание пищевых волокон в разработанном зефире составляет 3,4–6,9 г на 100 г продукта. При этом стоимость зефира увеличилась всего на 6,7–12,4%.

**Ключевые слова:** зефир, метод структурирования функции качества, дом качества, пищевые волокна, яблочная клетчатка, показатели качества

A.N. Lilishentseva<sup>1</sup>, L.A. Melnikova<sup>1</sup>, S.E. Tamashevich<sup>2</sup>, M.S. Selivanova<sup>1</sup>, Y.A. Melnik<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Education Institution «Belarusian State Economic University», Minsk, Republic of Belarus

<sup>2</sup>RUE «Scientific-Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus»,  
Minsk, Republic of Belarus

## USING QFD METHODOLOGY IN THE DEVELOPMENT OF ENRICHED ZEPHYR

**Abstract.** The peculiarity of the chemical composition of zephyr, as well as other confectionery products are the high content of sugar, lack of vitamins, low content of dietary fiber and minerals, which cause its low nutritional value. In this regard, research in the field of development of prescription formulation of zephyr using natural plant components in order to increase the physiological value of zephyr and expand its range becomes relevant. The use of qualimetric forecasting methods in the development of a new type of zephyr will make it possible to create a product with high consumer properties and meeting the requirements of modern consumers.

The article presents the results of the development of new type of zephyr enriched with dietary fiber. When designing zephyrs, the QFD method was used, as a result of which a matrix of consumer requirements

for zephyr was first developed. The results of studies on the effect of apple fiber on the foaming processes of whipped masses of zephyr on agar and on the quality indicators of enriched zephyr during storage are presented. It was established that the introduction of dry apple fiber in dosages of 6.3–13.3 % by weight of sugar, providing 10 and 20 % of the daily intake of dietary fiber per 100 g of zephyr, reduces the sugar content of products by 5.4–10.9 %, caloric content of 8–10 %. The content of dietary fiber in the developed zephyr is 3.4–6.6 g per 100 g of product. At the same time, the cost of zephyr increased only by 6.7–12.4 %.

**Keywords:** zephyr, quality function structuring method, house of quality, dietary fiber, apple fiber, quality indicators

**Введение.** Эффективным способом поддержания здоровья на должном уровне является употребление человеком функциональных продуктов питания, которые обладают лечебно-профилактическими свойствами благодаря наличию в их составе физиологически активных веществ. Пищевые волокна на сегодняшний день являются одними из наиболее широко применяемых пищевых ингредиентов благодаря их многофункциональности. С одной стороны, пищевые волокна используют как технологические добавки, изменяющие структуру и химические свойства пищевых продуктов, с другой стороны, пищевые волокна являются прекрасными функциональными ингредиентами, которые способны оказывать благоприятное воздействие как на отдельные системы организма человека, так и на весь организм в целом [1, 2, 3]. Пищевые волокна выводят из организма человека некоторые метаболиты пищи и загрязняющие ее вещества – соли тяжелых металлов, шлаки, избыток слизи, а также способствуют регуляции физиологических процессов в органах пищеварения, снижению массы тела и уровня сахара и холестерина в крови. Согласно литературным данным, внесение пищевых волокон в продукт питания снижает калорийность рациона. Рекомендуемая суточная потребность составляет от 25 до 30 г пищевых волокон [2, 3].

Перспективным для нашей страны источником пищевых волокон является добавка, которая условно называется яблочной клетчаткой. Получают яблочную клетчатку из яблочного жмыха, который остается после отжима яблок на предприятиях по производству соков. Готовая яблочная клетчатка представляет собой порошок, который имеет красновато-коричневый цвет, специфический яблочный вкус и аромат [4].

Проведенные ранее исследования рынка и потребительских предпочтений в отношении зефира [5] показали, что зефир с повышенным содержанием пищевых волокон хотела бы попробовать значительная часть респондентов. «Объединить» предпочтения потребителей и возможности производителей помогает метод структурирования (развертывания) функции качества (QFD), который мы использовали при проектировании зефира с яблочной клетчаткой. Метод QFD – это экспертный метод, использующий табличный способ представления данных, причем со специфической формой таблиц, которые получили название «домиков качества». QFD-методология (*Quality Function Deployment*) позволяет учесть пожелания потребителей при проектировании, разработке и совершенствовании продукции [6].

**Целью** настоящей работы является разработка обогащенного зефира с использованием QFD-методологии.

**Методы исследований.** Для испытаний качества сырья, полуфабрикатов и готовой продукции использовали стандартные методы исследований показателей качества пищевых продуктов. Общее содержание пищевых волокон определяли ферментативно-гравиметрическим методом по ГОСТ Р 54014-2010 [7].

Согласно идеям разработчиков Й. Акао и С. Мусино, QFD является методом повышения качества продукта при его проектировании, в процессе которого для удовлетворения потребителя осуществляется перевод его требований в технические характеристики продукции и в основные точки гарантии качества продукции для использования на этапе производства. Отличительная особенность метода QFD – это учет требований потребителей на всех стадиях производства продукции для всех элементов системы качества предприятия, а также возможность раннего обнаружения несоответствий и осуществления корректирующих и предупреждающих действий с целью повышения эффективности процессов и снижения производственных затрат [6].

Развертывание функции качества выражается в построении матричной диаграммы, названной в соответствии со своей формой «Дом качества» (рис. 1).

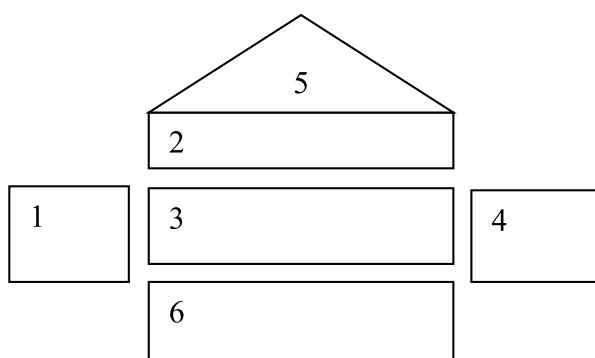


Рис. 1. Структура Дома качества  
Fig. 1. Structure of The House of quality

Центральная часть дома (3) – это Таблица, столбцы которой соответствуют техническим характеристикам (2), а строки – требованиям потребителя (1). В клетках отмечается уровень зависимости, если она есть. Крышу домика (5) представляют сведения о взаимосвязи между техническими характеристиками.

Левая комната (1) включает столбец важности показателей качества для потребителя. Правая комната (4) включает оценку выполнения требований (с точки зрения потребителя) для существующей на рынке подобной продукции.

Подвал дома (6) содержит результаты анализа технических характеристик конкурирующей продукции, целевые значения технических характеристик продукции, оценки абсолютной и относительной важности характеристик [8].

**Результаты исследований.** Работа по структурированию функции качества для проектируемого зефира включала в себя следующие этапы.

На первом этапе для определения и прогнозирования ожидаемых требований потребителей к качеству зефира были разработаны специальные анкеты и проведены социологические исследования. Данные анкетирования послужили основой для построения дерева свойств и дальнейшего создания «Дома качества». Дерево свойств – это многоуровневая иерархическая диаграмма, включающая в себя систематизированный список комплексных и единичных показателей, характеризующих качество продукта [9]. Дерево свойств состоит из трех основных «ветвей»: идентификационные показатели, показатели безопасности, потребительские показатели качества. Формирование первых двух ветвей производилось на основании технических нормативных правовых актов [10–15]. Ветвь «Потребительские показатели качества» сформировали на основании анализа пожеланий потребителей, установленных в результате опроса (рис. 2).

Далее на основании ответов респондентов сформулировали характеристику потребительских показателей качества, которая представлена в табл. 1.

Таблица 1. Потребительские показатели качества зефира  
Table 1. Consumer quality indicators of zephyr

Показатель качества	Желаемая характеристика показателя качества
Вкус	Приятный, в меру сладкий, свойственный вносимым ингредиентам
Запах	Свойственный вносимым ингредиентам
Цвет	Свойственный вносимым ингредиентам
Консистенция	Воздушная
Поверхность	С тонкокристаллической корочкой, или глазированной, или с минимальным количеством отделки
Калорийность	Низкая калорийность
Полезность	Пониженное содержание сахара, содержание полезных компонентов: пищевых волокон, витаминов, антиоксидантов или минеральных веществ
Отсутствие консервантов, ароматизаторов и красителей	Безопасность. Отсутствие или минимальное содержание в составе продукта консервантов, искусственных ароматизаторов и красителей
Цена	Приемлемая цена

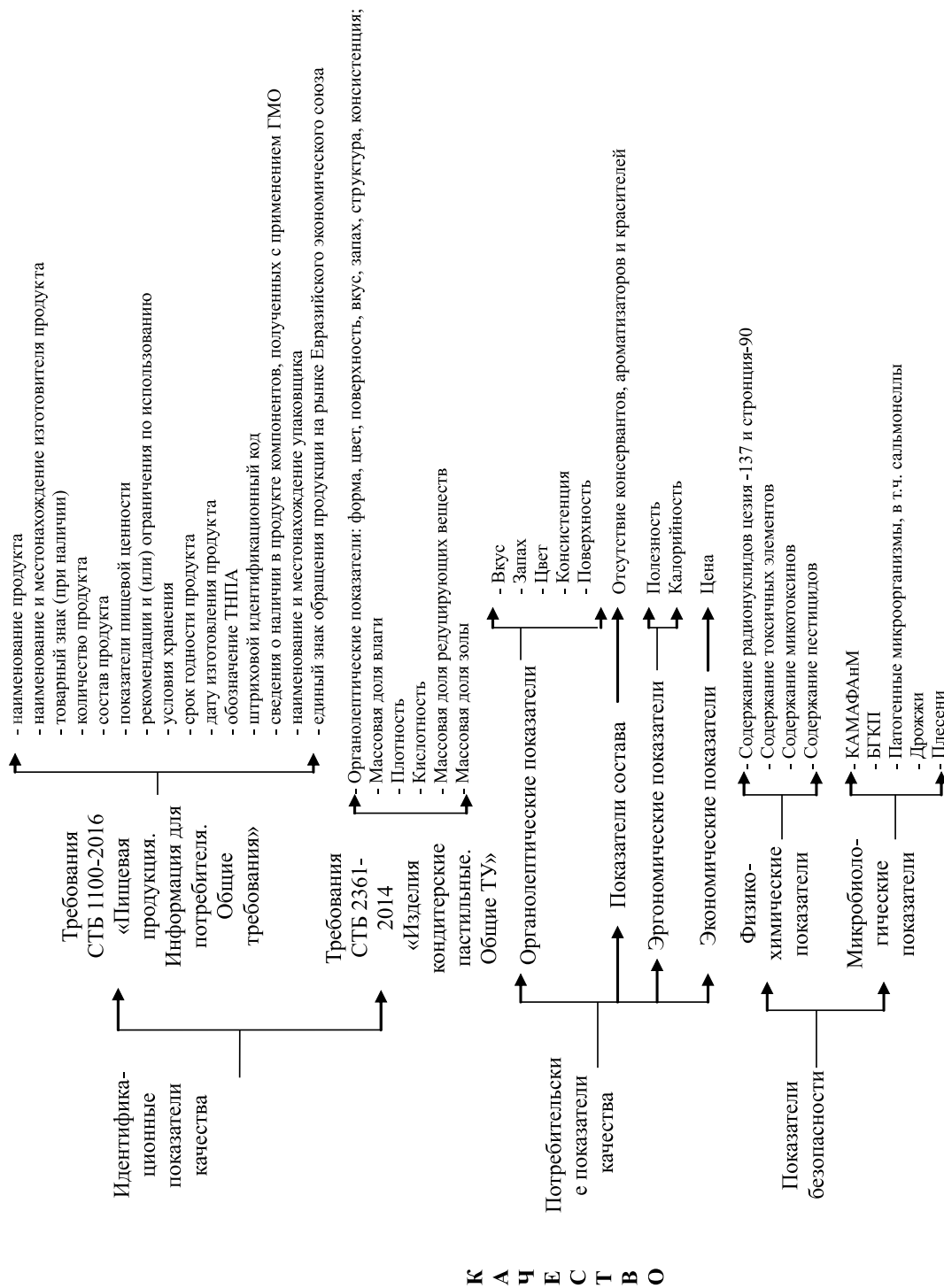


Рис. 2. Дерево показателей качества и безопасности зефира  
Fig. 2. Tree of zephyr's quality and safety indicators

На втором этапе проводилось ранжирование потребительских показателей качества (ПК) и началось построение домика качества. Рассчитали коэффициенты весомости и важность для потребителя каждого показателя качества (табл. 2). Девять потребительских показателей качества и значения их важности занесли в *левую часть* дома качества. Установлено, что для потребителей наиболее важными являются вкус, консистенция, полезность, отсутствие консервантов, ароматизаторов и красителей, запах и калорийность.

Т а б л и ц а 2. Ранжирование показателей качества зефира  
Table 2. Ranking of zephyr quality indicators

Сравниваемые показатели	Коэффициент весомости показателя, %	Важность показателя для потребителя по 5-ти балльной шкале	Ранг показателя
Вкус	16,11	5,00	1-й
Запах	10,78	4,50	5-й
Цвет	8,78	3,60	7-й
Консистенция	14,50	4,90	2-й
Поверхность	8,39	3,57	8-й
Калорийность	9,28	3,70	6-й
Полезность	14,11	4,87	3-й
Отсутствие консервантов, ароматизаторов и красителей	11,67	4,60	4-й
Цена	6,39	2,20	9-й

На третьем этапе определяли физико-химические показатели и реологические свойства для формирования номенклатуры показателей качества зефира, выраженной на «языке технологов» (количественно-измеряемые показатели качества). Установлены восемь технологических характеристик зефира, которые занесли в *крышу* домика.

На четвертом этапе устанавливали силу взаимосвязей между всеми показателями качества зефира. Для этого использовали шкалу:

- 1) • – сильная связь (имеет вес 9);
- 2) о – средняя связь (вес 3);
- 3) Δ – слабая связь (вес 1).

Числовые характеристики (9-3-1) связи в дальнейшем будем использовать для расчета приоритетности физико-химических показателей и реологических свойств зефира [16].

Согласно методологии структурирования функции качества определение силы взаимосвязи между показателями качества не предполагает точных математических расчетов и изучение корреляционной зависимости, а подразумевает использование только экспертных методов [17]. Поэтому взаимосвязь между показателями определялась совместно со специалистами в кондитерской отрасли с использованием указанной шкалы.

Результаты определения взаимосвязей между количественно-измеряемыми показателями, а также между потребительскими ожиданиями и количественно-измеряемыми показателями занесли в *крышу и центральную часть* дома качества. Отсутствие символа на пересечении строк и столбцов матрицы связей означает, что нет взаимосвязи между соответствующими показателями [16].

Также на этом этапе решалось, нужно ли оставлять значения количественно-измеряемых показателей в проектируемом продукте прежними. Например, с целью повышения качества продукта было решено постараться уменьшить значения показателей плотность и энергетическая ценность, а также показателя массовая доля редуцирующих веществ, но в границах норм, регламентируемых СТБ 2361 [11], поскольку с яблочной клетчаткой вносятся органические кислоты, которые могут вызвать рост редуцирующих веществ, что может привести к увлажнению поверхности зефира.

На пятом этапе рассчитали абсолютный вес (важность) и относительное значение (приоритетность) показателей качества (под центральной частью дома). Для этого умножали значение важности для потребителя на числовой показатель связи и суммировали по столбцам. Затем от общего значения веса находили процент для каждого показателя (приоритетность) [17]. Например, относительное значение показателя массовая доля влаги равно:  $((3 \cdot 5,0 + 9 \cdot 4,9 + 9 \cdot 3,6) \cdot 100) / 742,4 = 12,3 \%$ .

На шестом этапе провели оценку показателей качества имеющегося на рынке зефира. Для этого из торговой сети были отобраны три образца зефира «Ванильного» кондитерских фабрик ОАО



«Красный Мозырянин» (продукт А), ОАО «Красный пищевик» (Республика Беларусь) (продукт Б) и ООО «Меренга» (Российская Федерация) (продукт В).

Результаты оценки потребительских показателей качества занесли в *правую* часть матрицы – *крыльцо* дома качества, а результаты физико-химических исследований в *нижнюю* часть – *подвал* дома качества (значения технической конкуренции). Самые лучшие оценки по каждому из потребительских показателей качества занесли в самую крайнюю колонку крыльца дома – в столбец «проектируемый продукт». Данные значения оценок потребительских показателей качества далее использовали в качестве базовых значений при расчете комплексного показателя качества (КПК) зефира.

На седьмом этапе предложили формулу для расчета комплексного показателя качества. Расчетная формула КПК продукта выглядит следующим образом

$$K = \sum KB_i \cdot k_i, \quad (1)$$

где  $K$  – комплексный показатель качества продукции, %;  $KB_i$  – коэффициент весомости  $i$ -го показателя потребительских предпочтений;  $k_i$  – величина относительного  $i$ -го показателя потребительских предпочтений [18].

При этом относительный  $i$ -й показатель потребительских предпочтений  $k_i$  определяется как отношение целевого значения  $i$ -го ПК (значение ПК продукта, которое наибольшим образом отвечает потребительским требованиям и обеспечивает наибольшее удовлетворение потребителей, находится в столбце «проектируемый продукт») к значению этого показателя в оцениваемом продукте. С учетом полученных ранее коэффициентов весомости потребительских показателей качества формулу (1) можно преобразовать в формулу вида:

$$K = 16,11 \cdot k_1 + 10,78 \cdot k_2 + 8,78 \cdot k_3 + 14,50 \cdot k_4 + 8,39 \cdot k_5 + 9,28 \cdot k_6 + 14,11 \cdot k_7 + 11,67 \cdot k_8 + 6,39 \cdot k_9 \quad (2)$$

где  $K$  – комплексный показатель качества зефира, учитывающий показатели потребительских предпочтений, %;  $k_i$  – относительный показатель качества зефира:  $k_1$  – вкуса,  $k_2$  – запаха,  $k_3$  – цвета,  $k_4$  – консистенции,  $k_5$  – поверхности,  $k_6$  – калорийности,  $k_7$  – полезности,  $k_8$  – отсутствия консервантов, искусственных ароматизаторов и красителей,  $k_9$  – цены.

Полученные значения КПК занесли в нижнюю часть крыльца дома качества. Установлено, что имеющийся на рынке зефир не отвечает требованиям потребителей (КПК образцов имеют значения 84,1–87,4 %). Это делает работу по повышению качества зефира, по прогнозированию ожиданий потребителей и по проектированию продукции, отвечающей требованиям потребителей крайне актуальными и значимыми как для производителей, так и для покупателей зефира.

Проведенные исследования и расчеты поэтапно формируют и заполняют все части матрицы потребительских требований (рис. 3).

Например, на рис. 3 видно, что ожидание потребителей, например «поверхность», очень сильно взаимосвязано с физико-химическими показателями: «массовая доля влаги», «массовая доля редуцирующих веществ» и «содержание пищевых волокон». Однако это же ожидание потребителей слабо взаимосвязано с характеристикой «общая кислотность».

Завершающим этапом построения матрицы является определение целевых (планируемых) показателей, которые необходимо стремиться достичь при проектировании и разработке нового продукта, чтобы он отвечал прогнозируемым требованиям потребителей [8, 9].

На основании данных крыльца дома качества можно сделать следующие выводы: наиболее приятный вкус имеет продукт Б (4,2 балла), более воздушной консистенцией обладают продукты Б и В (4,4 балла). Такие значения показателей желательно достичь в проектируемом продукте, чтобы он максимально соответствовал ожиданиям потребителей.

Показатели «полезность» и «отсутствие консервантов, искусственных ароматизаторов и красителей» имеют невысокую оценку в исследуемых образцах (3,2 и 3,0 баллов соответственно) из-за отсутствия в их составе обогащающих компонентов и компонентов, которые бы могли выступать в качестве натуральных природных красителей и ароматизаторов. Поэтому, была поставлена цель достигнуть значения этих показателей в проектируемом зефире на уровне 4,0 баллов.

На основании «подвала» дома качества можно сделать вывод, что особое внимание при разработке нового продукта следует обращать на количественно-измеряемые показатели качества, которые обладают наибольшей приоритетностью, так как они оказывают значительное влияние на формирование потребительских ПК: массовая доля влаги, массовая доля редуцирующих веществ, общая кислотность, содержание пищевых волокон. Данные показатели выбраны в качестве целевых пока-

зателей качества, по которым будем сравнивать реализуемый и разработанный нами зефир, так как именно эти показатели в наибольшей степени влияют на формирование качества зефира, свойства полезности и гармоничности органолептических показателей. Например, установлено, что показатель «содержание пищевых волокон» имеет наибольшее относительное значение (37,5 %) среди остальных показателей, поскольку оказывает сильное влияние на вкус, запах, цвет, консистенцию, поверхность, калорийность и полезность зефира.

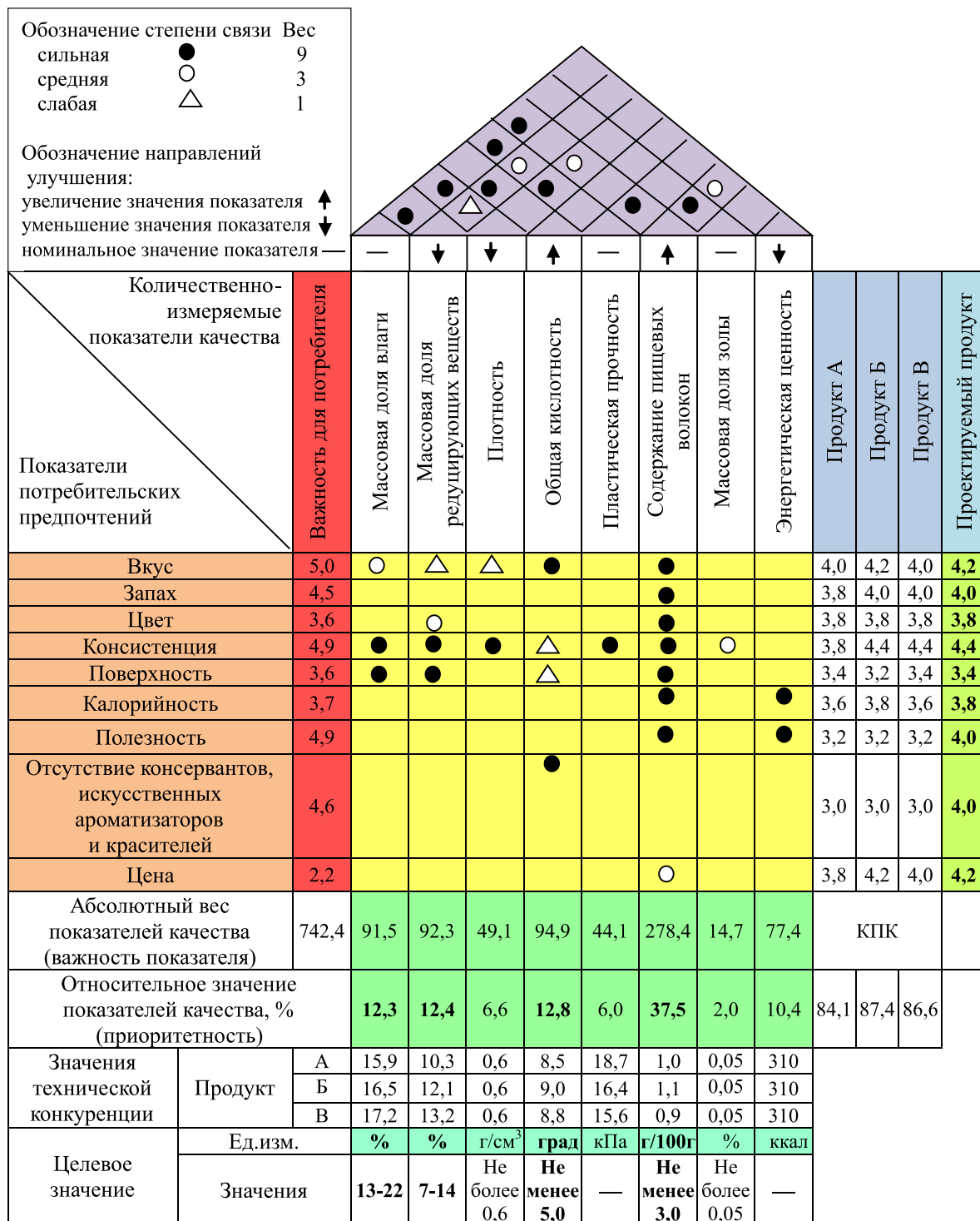


Рис. 3. Матрица потребительских требований, или «дом качества» зефира

Fig. 3. Matrix of consumer requirements, or «The House of quality of zephyr»

В связи с тем, что проектируемый зефир на агаре с добавлением пищевых волокон возможно будет иметь физико-химические показатели, отличающиеся от сравниваемых образцов зефира, в качестве целевых значений количественно-измеряемых ПК были приняты значения, установленные в стандарте СТБ 2361-2014 [11]: массовая доля влаги 13,0–22,0 %, массовая доля редуцирующих веществ 7,0–14,0 %. С целью обеспечения гармоничного вкуса зефира с добавлением яблочной клетчатки целесообразно повысить целевое значение показателя общая кислотность до значения «не менее 5,0 град. титруемой кислотности».

Целевое значение показателя «содержание пищевых волокон» установлено исходя из требований, приведенных в [13]. Чтобы на маркировке можно было указать, что продукт является источником пищевых волокон, их содержание в продукте должно быть не менее 3 г на 100 г продукта.

Обобщая полученные результаты квалитетических исследований, сформулировали рекомендации по управлению качеством зефира на этапе его проектирования и разработки:

- ♦ расширить ассортимент функционального зефира и зефира с повышенной пищевой ценностью;
- ♦ обеспечить более точное удовлетворение ожиданий потребителей путем улучшения потребительских показателей, особенно тех, у которых самые высокие коэффициенты весомости (вкус, консистенция, полезность);
- ♦ особое внимание при разработке нового зефира уделять физико-химическим показателям качества, которые имеют наибольшую приоритетность (или наибольший вес в формировании потребительских ПК): массовая доля влаги, массовая доля редуцирующих веществ, общая кислотность и содержание пищевых волокон.

Таким образом, применение результатов квалитетического прогнозирования качества зефира и разработанных рекомендаций позволит отечественным производителям выпускать конкурентоспособную продукцию, максимально отвечающую ожиданиям потребителей и соответствующую установленным требованиям качества и безопасности.

На следующем этапе работы приступили непосредственно к разработке обогащенного зефира. В качестве источника пищевых волокон была использована добавка, которая условно называется яблочная клетчатка. В отличие от пшеничной клетчатки, яблочная клетчатка не содержит глютен (белок, который не усваивается пищеварительным трактом у людей, больных целиакией) [19]. Производителем добавки является белорусское предприятие ООО «Акила» (г. Березино). Для разработки рецептурных составов зефира на агаре, обогащенного яблочной клетчаткой, был проведен комплекс исследований.

На первом этапе исследовали содержание пищевых волокон в яблочной клетчатке ферментативно-гравиметрическим методом. Установлено, что в яблочной клетчатке содержится 75,3 % пищевых волокон. Дозировка клетчатки для введения в рецептуру зефира рассчитывалась исходя из содержания в яблочной клетчатке пищевых волокон и регламентируемых допустимых уровней потребления пищевых волокон [13, 20]. Исходя из этого, рассчитали дозировки обогащающей добавки, обеспечивающие 10 и 20 % суточной нормы потребления пищевых волокон (далее по тексту СНПпв) в 100 г продукта, которые составили 6,3 и 13,3 % яблочной клетчатки к массе сахара соответственно. Контрольный образец зефира для исследований готовили по унифицированной рецептуре [21].

На втором этапе исследовали влияние яблочной клетчатки на пенообразующую способность сбивных масс зефира на агаре, на показатели качества пен и на показатели качества готового зефира в процессе хранения.

Установлено, что внесение сухой яблочной клетчатки (СК) в дозировках 6,3–13,3 % к массе сахара, обеспечивающих 10 и 20 % от суточной нормы потребления пищевых волокон в 100 г зефира, в виде купажной смеси с яблочным пюре повышает пенообразующую способность сбивных масс (до 257 % при 220 % у контроля) и улучшает показатели качества пен. За счет повышения вязкости исходной рецептурной смеси (вследствие поглощения свободной влаги яблочного пюре при гидратации в нем клетчатки) увеличивается содержание сухих веществ в пюре (до 14–18 %), благодаря чему исчезает необходимость в уваривании яблочного пюре. Также уменьшается коэффициент растекания сбивных масс (в 1,1–1,2 раза по сравнению с контролем), благодаря чему зефирная масса лучше сохраняет свою форму при отсадке [22]. При хранении замедляется процесс десорбции и черствения обогащенного зефира, так как благодаря своей капиллярно-пористой структуре яблочная клетчатка удерживает влагу в изделии. По итогам за 28 сут. хранения десорбция контрольного образца превысила уровень обогащенного зефира в 1,1–1,2 раза. Кроме того, добавление яблочной клетчатки в зефир способствовало медленному росту массовой доли редуцирующих веществ, благодаря чему

на поверхности образцов появилась тонкая кристаллическая корочка, образованная сахарозой. Кристаллы сахара в корпусе обогащенного зефира не наблюдались, что, видимо, обусловлено большей вязкостью дисперсионной среды зефирной массы, в то время как в контрольном образце кристаллы сахара были хорошо заметны в конце периода исследований.

Опытные образцы зефира представлены на рис. 4.

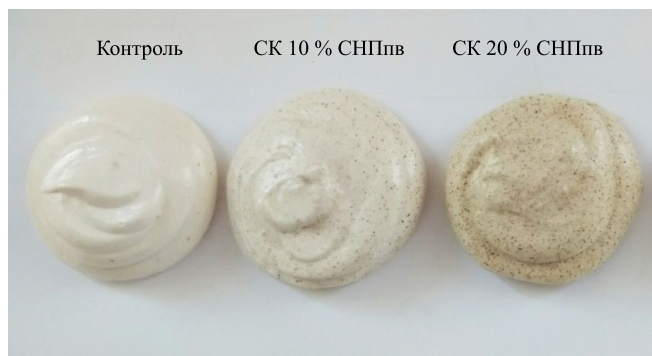


Рис. 4. Образцы зефира, обогащенного яблочной клетчаткой  
Fig. 4. Samples of zephyr enriched with apple fiber

Отличительной особенностью зефира, обогащенного яблочной клетчаткой, явился его цвет, а также характерные приятные вкус и запах сушеных яблок. Интенсивность проявления характерного запаха и вкуса увеличивается по мере увеличения дозировки яблочной клетчатки. Кроме того, внесение СК в дозировках 10–20 % СНПпв в 100 г зефира оказало в процессе хранения положительный эффект на состояние поверхности (толщина корочки не превышала 2,5 мм) и консистенцию (она медленнее уплотнялась).

Установлено, что введение в рецептурный состав зефира яблочной клетчатки в изученном диапазоне дозировок позволяет снизить сахароемкость изделий на 5,4–10,9 %, калорийность на 8–10 %. Содержание пищевых волокон в разработанном зефире составляет 3,4–6,9 г на 100 г продукта. При этом стоимость зефира увеличилась всего на 6,7–12,4 %. Новый зефир имеет светло-коричневый цвет, аутентичный вкус и запах сушеных яблок.

На последнем этапе работы провели квалитетрическую оценку разработанных образцов зефира.

Следует отметить, что образцы разработанного зефира по органолептическим и физико-химическим показателям соответствуют требованиям СТБ 2361 [11], и содержание пищевых волокон в образцах соответствует требованиям Санитарных норм и правил, утв. постановлением МЗ РБ № 52 [13].

Для квалитетрической оценки нового зефира были определены числовые значения целевых ПК в изготовленных образцах (табл. 3).

Таблица 3. Целевые показатели качества нового зефира  
Table 3. Target indicators of the quality of new zephyr

Целевые ПК	Числовые значения целевых ПК	Числовые значения ПК в зависимости от дозировки пищевых волокон	
		СК 10 % СНПпв	СК 20 % СНПпв
М.д. влаги, %, ±0,3 %	13,0–22,0	16,1	18,6
М.д. редуцирующих веществ, %, ±0,5 %	7,0–14,0	7,3	8,4
Общая кислотность, град.тит.кислотности, ±0,2 град.тит.кислотности	не менее 5,0	7,4	8,2
Содержание пищевых волокон, г/100 г, ±0,1 г	не менее 3	3,4	6,9

Из табл. 3 видно, что значения показателей нового зефира соответствуют значениям целевых ПК.

Проведена оценка по 5-ти балльной шкале потребительских ПК образцов нового зефира. Результаты оценки представлены в табл. 4.

Таблица 4. Оценка потребительских показателей качества нового зефира  
Table 4. Evaluation of consumer indicators of the quality of new zephyr

Наименование потребительских ПК зефира	Проектируемое значение	Оценка нового зефира в зависимости от дозировки яблочной клетчатки	
		10 % СНПпв	20 % СНПпв
Вкус	4,2	4,5 ± 0,2	4,2 ± 0,2
Запах	4,0	4,3 ± 0,2	4,1 ± 0,1
Цвет	3,8	4,4 ± 0,1	3,9 ± 0,2
Консистенция	4,4	4,3 ± 0,2	3,9 ± 0,1
Поверхность	3,4	3,8 ± 0,1	4,0 ± 0,2
Калорийность	3,8	4,0 ± 0,2	4,0 ± 0,1
Полезность	4,0	4,4 ± 0,1	4,5 ± 0,1
Отсутствие консервантов, красителей и ароматизаторов	4,0	4,0 ± 0,2	4,2 ± 0,2
Цена	4,2	4,0 ± 0,1	3,8 ± 0,1

На основании данных табл. 4 и полученной ранее формулы рассчитали КПК нового зефира (рис. 5).

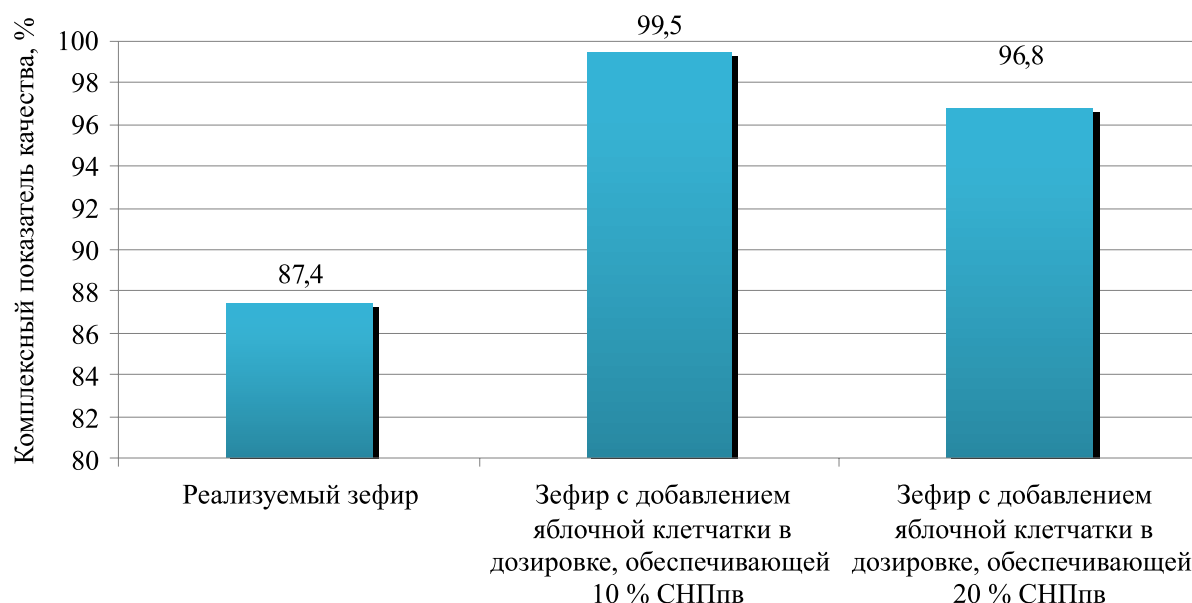


Рис. 5. Комплексный показатель качества существующего и нового зефира  
Fig. 5. Comprehensive indicator of the quality of existing and new zephyr

Из рис. 5 видно, что КПК нового зефира с добавлением яблочной клетчатки в дозировках, обеспечивающих 10 и 20 % СНПпв в 100 г зефира (равный 99,5 и 96,8 % соответственно), значительно превышает КПК продукции, имеющейся на рынке (87,4 %). Это означает, что применение квалиметрического прогнозирования при проектировании нового зефира позволило создать конкурентоспособный продукт, максимально отвечающий ожиданиям современных потребителей. Увеличение КПК происходит, главным образом, за счет введения в рецептурный состав зефира пищевых волокон в виде натуральной яблочной клетчатки отечественного производства, которая не только обогащает зефир, повышает его полезность, но и придает ему светло-коричневый цвет, своеобразные вкус и запах сушеных яблок без использования искусственных красителей и ароматизаторов.

Дополнительно к полученным результатам квалиметрического прогнозирования были разработаны предложения для производителей зефира о путях повышения качества зефира и его конкурентоспособности:

- ♦ расширить ассортимент зефира;

- ♦ повысить полезность зефира за счет внесения в рецептурный состав яблочной клетчатки отечественного производства;
- ♦ вносить яблочную клетчатку в виде купажной смеси с яблочным пюре для замедления процесса десорбции и черствения зефира;
- ♦ стремиться реализовать в проектируемом продукте целевые значения показателей качества (содержание пищевых волокон не менее 3 г на 100 г продукта), путем подбора ингредиентов рецептурного состава (внесение сухой яблочной клетчатки в дозировках 6,3 и 13,3 % к массе сахара);
- ♦ применять яблочную клетчатку для того, чтобы достичь аутентичного вкуса и запаха сушеных яблок в новом зефире.

#### **Заключение.**

1. В результате проведенного квалиметрического прогнозирования показателей качества зефира разработана матрица потребительских требований, или «Дом качества» зефира. Матрица построена на основе установленных взаимосвязей между показателями качества зефира, проведенной оценки качества продукции конкурентов и степени удовлетворенности потребителей их продукцией. Установлены целевые значения показателей качества для обогащенного зефира.

2. Установлено, что КПК нового зефира с добавлением яблочной клетчатки в дозировках, обеспечивающих 10–20 % СНПпв в 100 г зефира, значительно превышает КПК продукции, имеющейся на рынке. Увеличение КПК происходит, главным образом, за счет введения в рецептурный состав зефира пищевых волокон в виде натуральной яблочной клетчатки отечественного производства, которая не только обогащает зефир, повышает его полезность, но и придает ему светло-коричневый цвет, своеобразные вкус и запах сушеных яблок без использования красителей и ароматизаторов.

3. Введение в яблочное пюре сухой яблочной клетчатки в дозировке 6,3–13,3 % к массе сахара позволяет снизить сахароемкость зефира на 5,4–10,9 % и калорийность на 8–10 %. Содержание пищевых волокон в разработанном зефире составляет 3,4–6,9 г на 100 г продукта.

#### **Список использованных источников**

1. Типсина, Н.Н. Пищевые волокна в кондитерском производстве / Н.Н. Типсина, Н.В. Присухина // Вестник КрасГАУ. – 2009. – № 9. – С. 166–171.
2. Лилишенцева, А.Н. Пищевые волокна как важнейший фактор полноценного питания / А.Н. Лилишенцева, Н.И. Иващенко, М.С. Исаченко, О.В. Шрамченко // Пищевая промышленность: наука и технологии. – 2008. – № 1. – С. 35–40.
3. Лилишенцева, А.Н. Функциональные свойства пищевых волокон плодоовощного сырья / А.Н. Лилишенцева, Н.В. Комарова // Научные труды Одесской национальной академии пищевых технологий. Одесса, сентябрь 2014. Выпуск 46. – Том 2. – С. 47–51.
4. Томашевич, С.Е. Обогащение зефира пищевыми волокнами яблочной клетчатки отечественного производства / С.Е. Томашевич, М.С. Селиванова // Инновационные технологии в пищевой промышленности: материалы XVII Международной научно-практической конференции, Минск, 4–5 октября 2018 г. / РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию»; редкол.: З.В. Ловкис [и др.]. – Минск, 2018. – С. 92–93.
5. Томашевич, С.Е. Исследование состояния рынка и потребительских предпочтений в отношении зефира с целью совершенствования его ассортимента и улучшения качества / С.Е. Томашевич, Л.А. Мельникова, М.С. Селиванова // Пищевая промышленность: наука и технологии. – 2017. – № 4 (38). – С. 69–74.
6. Тюткова, И.А. Конструирование кондитерской продукции на основе методологии QFD / И.А. Тюткова, В.М. Кантере, В.А. Матисон // Кондитерское и хлебопекарное производство. – 2010. – № 1–2. – С. 48–49.
7. Продукты пищевые функциональные. Определение растворимых нерастворимых пищевых волокон ферментативно-гравиметрическим методом: ГОСТ Р 54014-2010. – Введ. 30.11.2010. – М.: Стандартинформ, 2011. – 8 с.
8. Вашуков, Ю.А. QFD: Разработка продукции и технологических процессов на основе требований и ожиданий потребителей: метод. указания / Ю.А. Вашуков, А.Я. Дмитриев, Т.А. Митрошкина. – Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2012. – 32 с.

9. Янковская, В.С. Разработка квалитетической модели прогнозирования показателей качества и безопасности творожных продуктов: дис. ... канд.техн. наук: 05.02.23 / В.С. Янковская. – М., 2008. – 194 л.
10. Пищевая продукция. Информация для потребителя. Общие требования: СТБ 1100-2016. – Введ. 01.02.2017. – Минск: Госстандарт, 2017. – 36 с.
11. Изделия кондитерские пастильные. Общие технические условия: СТБ 2361-2014. – Введ. 01.01.2015. – Минск: Госстандарт, 2015. – 24 с.
12. Технический регламент Таможенного союза. О безопасности пищевой продукции: ТР ТС 021/2011. – Введ. 09.12.2011. – М.: Евразийская экономическая комиссия, 2011. – 242 с.
13. Требования к продовольственному сырью и пищевым продуктам: Санитарные нормы и правила, утв. постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 21.06.2013 г. № 52. – 56 с.
14. Показатели безопасности и безвредности для человека продовольственного сырья и пищевых продуктов: Гигиенический норматив, утв. постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 21.06.2013 г. № 52. – 371 с.
15. Республиканские допустимые уровни содержания радионуклидов цезия-137 и стронция-90 в пищевых продуктах и питьевой воде (РДУ-99): ГН № 10-117-99. – Введ. 26.04.1999. – 8 с.
16. Повышение качества продукции на основе QFD-методологии: методические указания по выполнению самостоятельных работ / В.И. Логанина [и др.]; под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. Ю.П. Скачкова. – Пенза: ПГУАС, 2013. – 20 с.
17. Игонина, И.Н. Квалитетическое прогнозирование показателей качества рыбных продуктов для детского питания: дис....канд. техн. наук: 05.02.23 / И.Н. Игонина. – М., 2014. – 172 л.
18. Дунченко, Н.И. Квалитетическая оценка продукции АПК / Н.И. Дунченко, В.С. Янковская // Контроль качества продукции. – 2016. – № 6. – С. 54–57.
19. Селиванова, М.С. Яблочная клетчатка как перспективный ингредиент для обогащения кондитерских изделий / М.С. Селиванова, Л.А. Мельникова, С.Е. Томашевич // НИРС БГЭУ: сб.науч. ст. – Минск: БГЭУ, 2018. – Выпуск 7. – С. 144–146.
20. Технический регламент Таможенного союза. Пищевая продукция в части её маркировки: ТР ТС 022/2011. – Введ. 09.12.2011. – М.: Евразийская экономическая комиссия, 2011. – 21 с.
21. Рецептуры на мармелад, пастилу и зефир / ГОСАГРОПРОМ СССР, Отдел пищевой промышленности, ВНИИКП. – М.: 1987. – 144 с.
22. Томашевич, С.Е. Технология производства зефира, обогащенного растворимыми пищевыми волокнами: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.01 / С.Е. Томашевич. – Могилев, 2013. – 149 л.

## References

1. Tipsina, N.N. Pishchevyye volokna v konditerskom proizvodstve / N.N. Tipsina, N.V. Prasukhina// Vestnik KrasGAU. – 2009. – № 9. – S. 166–171.
2. Lilishentseva, A.N. Pishchevyye volokna kak vazhneyshiy faktor polnotsennogo pitaniya / A.N. Lilishentseva, N.I. Ivashchenko, M.S. Isachenko, O.V. Shramchenko // Pishchevaya promyshlennost': nauka i tekhnologii Nauchno-metodicheskiy zhurnal RUP «Nauchno-prakticheskiy tsentr Natsional'noy akademii nauk Belarusi po prodovol'stviyu» – 2008. – № 1 – S. 35–40.
3. Lilishentseva, A.N. Funktsional'nyye svoystva pishchevykh volokon plodoovoshchnogo syr'ya/ A.N. Lilishentseva, N.V. Komarova // Nauchnyye trudy Odesskoy natsional'noy akademii pishchevykh tekhnologiy. Odessa, sentyabr' 2014. – Vypusk 46. – Tom 2. – S. 47–51.
4. Tomashevich, S.Ye. Obogashcheniye zefira pishchevymi voloknami yablochnoy kletchatki otechestvennogo proizvodstva / S.Ye. Tomashevich, M.S. Selivanova // Innovatsionnyye tekhnologii v pishchevoy promyshlennosti: materialy XVII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, Minsk, 4–5 oktyabrya 2018 g. / RUP «Nauchno-prakticheskiy tsentr Natsional'noy akademii nauk Belarusi po prodovol'stviyu»; redkol.: Z.V. Lovkis [i dr.]. – Minsk, 2018. – S. 92–93.
5. Tomashevich, S.Ye. Issledovaniye sostoyaniya rynka i potrebitel'skikh predpochteniy v otnoshenii zefira s tsel'yu sovershenstvovaniya yego assortimenta i uluchsheniya kachestva / S.Ye. Tomashevich,

- L.A. Mel'nikova, M.S. Selivanova // Pishchevaya promyshlennost': nauka i tekhnologii: retsenziruyemyy nauchno-tekhnicheskiy zhurnal. – 2017. – № 4 (38). – S. 69–74.
6. Tyut'kova, I.A. Konstruirovaniye konditerskoy produktsii na osnove metodologii QFD / I.A. Tyut'kova, V.M. Kantere, V.A. Matison // Konditerskoye i khlebopekarnoye proizvodstvo. – 2010. – № 1–2. – S. 48–49.
  7. Produkty pishchevyye funktsional'nyye. Opredeleniye rastvorimyykh nerastvorimyykh pishchevykh volokon fermentativno-gravimetricheskim metodom: GOST R 54014-2010. – Vved.30.11.2010. – M.: Standartinform, 2011. – 8 s.
  8. Vashukov, YU.A. QFD: Razrabotka produktsii i tekhnologicheskikh protsessov na osnove trebovaniy i ozhidaniy potrebitel'ey: metod. ukazaniya / YU.A. Vashukov, A.YA. Dmitriyev, T.A. Mitroshkina. Samara: Izd-vo Samar. gos. aerokosm. un-ta, 2012. – 32 s.
  9. Yankovskaya, V.S. Razrabotka kvalimetricheskoy modeli prognozirovaniya pokazateley kachestva i bezopasnosti tvorozhnykh produktov: dis. ... kand.tekhn. nauk: 05.02.23 / V.S. Yankovskaya. – M., 2008. – 194 s.
  10. Pishchevaya produktsiya. Informatsiya dlya potrebitelya. Obshchiye trebovaniya: STB 1100-2016. – Vved. 01.02.2017. – Minsk: Gosstandart, 2017. – 36 s.
  11. Izdeliya konditerskiye pastil'nyye. Obshchiye tekhnicheskiye usloviya: STB 2361-2014. – Vved. 01.01.2015. – Minsk: Gosstandart, 2015. – 24 s.
  12. Tekhnicheskiy reglament Tamozhennogo soyuza. O bezopasnosti pishchevoy produktsii: TR TS 021/2011. – Vved. 09.12.2011. – M.: Yevraziyskaya ekonomicheskaya komissiya, 2011. – 242 s.
  13. Trebovaniya k prodovol'stvennomu syr'yu i pishchevym produktam: Sanitarnyye normy i pravila, utv. postanovleniyem Ministerstva zdravookhraneniya Respubliki Belarus' ot 21.06.2013 g. № 52. – 56 s.
  14. Pokazateli bezopasnosti i bezvrednosti dlya cheloveka prodovol'stvennogo syr'ya i pishchevykh produktov: Gigiyenicheskiy normativ, utv. postanovleniyem Ministerstva zdravookhraneniya Respubliki Belarus' ot 21.06.2013 g. № 52. – 371 s.
  15. Respublikanskiye dopustimyye urovni sodержaniya radionuklidov tseziya-137 i strontsiya-90 v pishchevykh produktakh i pit'yevoy vode (RDU-99): GN № 10-117-99. – Vved. 26.04.1999. – 8 s.
  16. Povysheniye kachestva produktsii na osnove QFD-metodologii: metodicheskiye ukazaniya po vypolneniyu samostoyatel'nykh rabot / V.I. Loganina [i dr.]; pod obshch. red. d-ra tekhn. nauk, prof. YU.P. Skachkova. – Penza: PGUAS, 2013. – 20 s.
  17. Igonina, I.N. Kvalimetricheskoye prognozirovaniye pokazateley kachestva rybnyykh produktov dlya detskogo pitaniya: dis....kand. tekhn. nauk: 05.02.23 / I.N. Igonina. – M., 2014. – 172 s.
  18. Dunchenko, N.I. Kvalimetricheskaya otsenka produktsii APK / N.I. Dunchenko, V.S. Yankovskaya // Kontrol' kachestva produktsii. – 2016. – № 6. – S. 54–57.
  19. Selivanova, M.S. Yablochnaya kletchatka kak perspektivnyy ingrediyyent dlya obogashcheniya konditerskikh izdeliy / M.S. Selivanova, L.A. Mel'nikova, S.Ye. Tomashevich // NIRS BGEU: sb.nauch.st. – Minsk: BGEU, 2018. – Vypusk 7. – S. 144–146.
  20. Tekhnicheskiy reglament Tamozhennogo soyuza. Pishchevaya produktsiya v chasti yeyo markirovki: TR TS 022/2011. – Vved. 09.12.2011. – M.: Yevraziyskaya ekonomicheskaya komissiya, 2011. – 21 s.
  21. Retseptury na marmelad, pastilu i zefir / GOSAGROPROM SSSR, Otdel pishchevoy promyshlennosti, VNIKP. – M.: 1987. – 144 s.
  22. Tomashevich, S.Ye. Tekhnologiya proizvodstva zefira, obogashchennogo rastvorimymi pishchevymi voloknami: dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.18.01 / S.Ye. Tomashevich. – Mogilev, 2013. – 149 s.

**Информация об авторах**

*Лилишенцева Анна Николаевна* – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой товароведения продовольственных товаров УО «Белорусский государственный экономический университет» (ул. Свердлова, 7, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: lilishenceva@yandex.by  
Тел. +37529-703-57-48

**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



*Мельникова Людмила Александровна* – кандидат биологических наук, доцент кафедры товароведения продовольственных товаров УО «Белорусский государственный экономический университет» (ул. Свердлова, 7, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: lamelnikova@bk.ru

Тел. +37529-173-13-07

*Томашевич Светлана Евгеньевна* – кандидат технических наук, старший научный сотрудник отдела технологий кондитерской и масложировой продукции, РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: sv\_tomash@mail.ru

Тел. +37529-585-23-89

*Селиванова Мария Сергеевна* – магистр технических наук, ассистент кафедры товароведения продовольственных товаров, УО «Белорусский государственный экономический университет» (ул. Свердлова, 7, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: mari.agrest@mail.ru

Тел. +37529-270-55-77

*Мельник Юлия Анатольевна* – ассистент кафедры товароведения продовольственных товаров УО «Белорусский государственный экономический университет» (ул. Свердлова, 7, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: ulay9001@mail.ru

Тел. +37533-602-66-38

*Melnikova Lyudmila A.* – Candidate of Biological Sciences, docent of the Department of Commodity Food Science of the Belarusian State Economic University (7 Sverdlova st., 220030, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: lamelnikova@bk.ru

*Tomashevich Svetlana E.* – Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher of the Department of Technology confectionery and oil and fat products, RUE “Scientific-Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus” (29, Kozlova st., 220037, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: sv\_tomash@mail.ru

*Selivanova Mariya S.* – Master of Technical Sciences, assistant of the Department of Commodity Food Science of the Belarusian State Economic University (7 Sverdlova st., 220030, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: mari.agrest@mail.ru

*Melnik Julia A.* – assistant of the Department of Commodity Food Science of the Belarusian State Economic University (7 Sverdlova st., 220030, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: ulay9001@mail.ru

УДК 663.533

Поступила в редакцию 01.02.2019  
Received 01.02.2019**Е.М. Моргунова, Ю.С. Пусовская, А.А. Пушкарь***РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук  
Беларуси по продовольствию», г. Минск, Республика Беларусь***РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРОЦЕССА СБРАЖИВАНИЯ СУСЛА  
ИЗ КЛУБНЕЙ ТОПИНАМБУРА РАЗЛИЧНЫХ СОРТОВ И ЗЕРНА РЖИ**

**Аннотация.** В статье приведены результаты исследований по изучению процесса сбраживания сусла из клубней топинамбура различных сортов и зерна ржи. Сбраживание сусла является одним из важнейших процессов в спиртовом производстве, так как на данном этапе идет конечный ферментативный гидролиз полисахаридов различной молекулярной массы и образование спирта под действием ферментного комплекса дрожжей. В качестве основного сырья были использованы клубни топинамбура трех сортов, выращенные в различных регионах Республики Беларусь, и образец зерна ржи как наиболее сложной с технологической точки зрения зерновой культуры. При определении наиболее перспективных сортов клубней топинамбура для дальнейшего их использования в технологии получения этилового спирта контролировали состояние дрожжей в период главного брожения (на 18 и 36 ч), изучали динамику процесса сбраживания сусла по количеству выделяющегося углекислого газа, анализировали показатели технокимического контроля зрелой бражки (рН, редуцирующие вещества, крепость зрелой бражки, выход этилового спирта). Установлено, что наиболее перспективными для переработки в смеси с зерновым сырьем являются клубни топинамбура сорта Десертный.

**Ключевые слова:** топинамбур, рожь, инулиназа, дрожжи, брожение, диоксид углерода, сусло, бражка, крепость, выход

**E.M. Morgunova, J.S. Pusovskaya, A.A. Pushkar***RUE «Scientific and Practical Center for Foodstuffs of the National  
Academy of Sciences of Belarus», Minsk, Republic of Belarus***RESULTS OF THE RESEARCHES OF THE PROCESS OF FERMENTATION  
OF WORT FROM JERUSALEM ARTICHOKE TUBERS OF VARIOUS  
VARIETIES AND RYE GRAIN**

**Abstract.** The article presents the results of studies on the process of fermentation of wort from Jerusalem artichoke tubers of various varieties and rye, as the most technologically difficult grain crop. Fermentation of the wort is one of the most important processes in alcohol production, since at this stage the final enzymatic hydrolysis of polysaccharides of various molecular weights and the formation of alcohol under the action of the yeast enzyme complex takes place. As the main raw material, three types of Jerusalem artichoke tubers and a sample of rye grain were used. In determining the most promising varieties of Jerusalem artichoke tubers, the indicators of the techno-chemical control of a mature brew were analyzed (pH, reducing substances, strength of a mature brew, yield of ethyl alcohol), studied the dynamics of the wort fermentation process by the amount of carbon dioxide emitted, controlled the state of yeast during the main fermentation period (at 18 36 h). This made it possible to establish that the most promising for processing are the Desertny variety artichoke tubers mixed with grain raw materials.

**Keywords:** Jerusalem artichoke, rye, inulinase, yeast, fermentation, carbon dioxide, wort, brew, strength, yield

**Введение.** Получение этилового спирта из пищевого сырья характеризуется высокой энерго- и материалоёмкостью, поэтому на сегодняшний день существует ряд задач, направленных на повышение

качества спирта, увеличение выхода этанола из единицы сырья, интенсификацию производства, улучшение экологической обстановки на предприятиях и др. [1, 2, 3]. В спиртовой отрасли в структуре себестоимости спирта сырье занимает более 60 % от общих затрат, поэтому замена его на нетрадиционное более дешевое сырье позволит повысить рентабельность производства и одновременно сэкономить ценные пищевые ресурсы страны – зерно [4]. В качестве альтернативного сырья при производстве этилового спирта можно рассматривать любой материал, содержащий полисахариды, которые в результате гидролиза превращаются в сбраживаемые вещества [5].

Благодаря анализу литературных источников установлено, что для производства спирта можно использовать такой нетрадиционный вид сырья как инулинсодержащее, в частности топинамбур. В клубнях данного корнеплода содержится достаточное количество углеводов, азотистых веществ, макро- и микроэлементов. Клубни обладают активным комплексом ферментов, гидролизующим инулин, а также богаты витаминами. Вместе с тем, топинамбур обладает исключительно высокой холодоустойчивостью и морозостойкостью [6]. Данная культура также привлекательна и в экологическом плане, в связи с тем, что не нуждается в обработке ядохимикатами, т.к. не имеет характерных для нее вредителей и болезней, не самоугнетается и не накапливает после себя ингибиторов роста и токсинов.

Также доказанным является факт повышенного (в 3–5 раз по сравнению с картофелем и более чем в 10 раз по сравнению с зерном) содержания пектиновых веществ в топинамбуре. Их разрушение в процессе классического жесткого разваривания сырья может служить причиной образования в бражке сверхнормативного количества метанола. В тоже время клубни топинамбура плохо сохраняются, поэтому данный вид сырья рассматривается как дополнительный. Таким образом, проведение научно-исследовательских работ в направлении разработки технологии производства этанола из смешенного (инулин- и крахмалсодержащего) сырья несомненно является перспективным и актуальным.

В работах, посвященных агрономическим характеристикам сортов топинамбура, установлена зависимость накопления инулина в клубнях от сроков уборки, хранения, метеорологических условий года и специфических свойств сорта [7]. Клубни топинамбура, выращенные в различных регионах страны обладают разнообразным химическим составом, который в значительной степени определяет показатели спиртового суслу, зрелой бражки и в дальнейшем непосредственно выход этилового спирта.

**Цель работы** – изучение процесса сбраживания суслу из клубней топинамбура различного видового состава и зерна ржи, с целью установления наиболее перспективного сорта для спиртового производства.

**Материалы и методы исследования.** В качестве объектов исследования при проведении исследовательских работ использовали следующее растительное сырье и вспомогательные материалы:

- ♦ клубни топинамбура трех сортов, выращенных в различных регионах Республики Беларусь: клубни топинамбура сорта Находка, выращенные в Гродненской области (Слонимский район, домашнее хозяйство); клубни топинамбура сорта Топинсолнечник ЦБС, выращенные в Могилевской области (г. Могилев, домашнее хозяйство); клубни топинамбура сорта Десертный, выращенные в Могилевской области (Костюковичский район, домашнее хозяйство), образцы которых представлены на рис. 1.

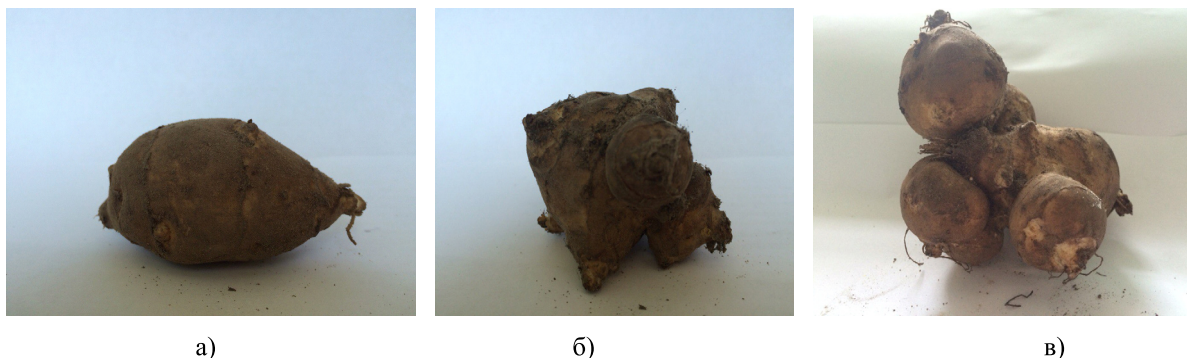


Рис. 1. Клубни топинамбура сортов: а) Находка, б) Топинсолнечник ЦБС, в) Десертный  
Fig. 1. Tubers of Jerusalem artichoke varieties: a) Nakhodka, b) Topinsolnechnik TsBS, c) Desertny

- ♦ образец зерна ржи, как наиболее сложной с технологической точки зрения в переработке зерновой культуры. Усредненный образец был отобран из различных партий ржи, находящихся на хранении на складе филиала «Ивацевичский спиртзавод» ОАО «Брестский ликеро-водочный завод «Белалко»;
- ♦ ферментные препараты амилолитического (термостабильная  $\alpha$ -амилаза Ликвафло, ГлюкоМакс) и целлюлолитического (ВискоМакс) спектра действия, традиционно используемые в технологии спиртового производства при проведении процессов механико-ферментативной обработки и осахаривания зернового сырья;
- ♦ ферментный препарат инулиназы, гидролизующий инулин и полифруктозиды, предоставленный ООО «ЭкоТехнологии» (препарат Новозим 960 (Novozym 960) компании NOVOZYMES A/S, Дания);
- ♦ спиртовые сухие дрожжи *Saccharomyces cerevisiae* «Oenoferm C2» (Оеноферм C2) («ERBSLON Geisenheim AG», Германия), эффективность которых подтверждена при изучении процесса брожения на предыдущих этапах исследовательских работ. Данные дрожжи также хорошо зарекомендовали себя и широко используются предприятиями республики.

Исследование процесса брожения суслу из клубней топинамбура в смеси с рожью проводили методом постановки бродильных проб по [8].

Проведение данной работы, а также снятие показателей процесса, таких как редуцирующие вещества, активная кислотность, концентрация спирта в зрелой бражке осуществлялись согласно инструкции технохимического контроля спиртового производства [9, 10].

Активную кислотность (рН) в растворах субстратов и технологических средах, являющуюся показателем концентрации водородных ионов, определяли на рН-метре «НН 221» путем прямого измерения испытуемой пробы в течение 5 мин при температуре 20 °С.

Контроль за состоянием дрожжей осуществляли по количеству дрожжевых клеток в 1 см<sup>3</sup> суслу (подсчет осуществляли в камере Горяева), а также по количеству мертвых и почкующихся клеток [9].

Определение концентрации спирта в зрелой бражке проводили дистилляционным способом. Крепость растворов этилового спирта устанавливали пикнометрическим и ареометрическим методом [10].

#### **Результаты и их обсуждение.**

Ранее [11] были изучены образцы клубней топинамбура по физико-химическим и микробиологическим показателям, в ходе которых было установлено, что они характеризуются полноценным биохимическим составом с преобладанием в клубнях углеводов, в первую очередь, инулина, сахарозы, фруктозы. При изучении микробиологических показателей патогенные микроорганизмы, в т.ч. сальмонеллы в анализируемых клубнях топинамбура не были обнаружены. Благодаря этому был сделан вывод о том, что клубни топинамбура данных сортов являются перспективным сырьевым источником при производстве этилового спирта и могут рассматриваться на дальнейших этапах работ.

Для создания технологических предпосылок по увеличению выхода этилового спирта из смешенного сырья были проведены исследования по сбраживанию образцов суслу из разных сортов клубней топинамбура и ржи, прошедших процесс водно-тепловой и ферментативной обработки.

Одним из важнейших процессов в технологии производства этилового спирта является сбраживание суслу, так как на данном этапе идет конечный ферментативный гидролиз полисахаридов различной молекулярной массы и образование спирта под действием ферментного комплекса дрожжей, а также происходит начальное формирование качественных показателей продукта. Подготовленное сусло, полученное из клубней топинамбура и зерна ржи, представляет собой сложную систему, в состав которой помимо легкосбраживаемых сахаров, таких как мальтоза, глюкоза, фруктоза, входят также и промежуточные продукты распада крахмала и инулина, неусваиваемые дрожжевыми клетками.

В процессе брожения зернового суслу происходят процессы превращения моносахаридов в спирт и расщепление декстринов. Сусло из топинамбура имеет свои специфические характеристики, так как в качестве основных сбраживаемых углеводов в нем содержатся фруктоза и фруктозаны разной молекулярной массы. Фруктозаны можно рассматривать как аналоги декстринов.

В технологии спиртового производства эффективность процесса сбраживания зависит от множества факторов, в том числе от физико-химического и микробиологического состояния исходного сырья, применяемых засевных дрожжей и их физиологического состояния, от химического состоя-

ния сусла, его концентрации, степени гидролиза, а также технологических параметров проведения процесса брожения. Качество клубней топинамбура и ржи, подготовка и состояние полученной засевной биомассы дрожжей, применяемые ферментные препараты определяют выход этанола из единицы перерабатываемого сырья, а также накопление в бражке побочных продуктов спиртового брожения [12].

Процесс сбраживания сусла из клубней топинамбура различных сортов и ржи был смоделирован в научно-исследовательской лаборатории отдела технологий алкогольной и безалкогольной продукции РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию».

При подготовке замесов из смеси клубней топинамбура и зерна осуществляли раздельное приготовление кашки топинамбура изучаемых сортов трех видов и зернового замеса. Кашку из клубней топинамбура готовили по следующим режимам водно-тепловой и ферментативной обработки: продолжительность процесса 0,5 ч при температуре 55 °С и рН = 5,5–5,6 ед.; соотношение сырья и технологической воды 1 : 1,25. Перед внесением технологической воды клубни топинамбура измельчали до размера частиц не более 3 мм.

Подготовку зернового замеса осуществляли согласно следующим режимам механико-ферментативной обработки: продолжительность процесса 0,5 ч при температуре 55 °С и рН = 6,0–6,1 ед.; соотношение сырья и технологической воды 1 : 3,0. Степень помола зерна (проход через сито диаметром отверстий 1 мм) составляла 94–95 %.

Для гидролиза некрахмалистых полисахаридов использовали ферментный препарат ВискоМакс (дозировка – 0,17 дм<sup>3</sup>/т сухих веществ зерна), крахмала – ферментный препарат термостабильной  $\alpha$ -амилазы Ликвафло (дозировка – 0,27 ед. АС/г условного крахмала).

Далее готовили три образца путем смешивания полученных кашек и зернового замеса в соотношении 30 : 70, т.к. на предыдущих этапах работ данное соотношение сырьевых компонентов установили наиболее оптимальным [13]. Температуру водно-тепловой и ферментативной обработки постепенно повышали до 80–83 °С, продолжительность процесса гидролиза составила 3 ч.

В подготовленное сусло из смеси клубней топинамбура и зернового сырья с рН = 5,0 вносили ферментный препарат глюкоамилазы ГлюкоМакс (дозировка – 8,0 ед. ГлС/г условного крахмала ржи) и ферментный препарат инулиназы Новозим 960 (Novozym 960) (дозировка – 0,27 ед./г сухих веществ топинамбура), а затем засевные дрожжи из расчета их начального содержания в сусле 20 млн. кл./см<sup>3</sup> и проводили процесс брожения при температуре 30–34 °С в течение 3 сут.

Контроль процесса сбраживания сусла из инулин- и крахмалсодержащего сырья изучали по количеству выделяющегося при брожении углекислого газа.

Изучение динамики выделения диоксида углерода в процессе брожения проводили на сусле, находящемся в конических колбах вместимостью 500 см<sup>3</sup>, закрытых резиновой пробкой с гидрозатвором. При подготовке анализируемых образцов для оценки скорости спиртового брожения в подготовленное сусло вносили засевные дрожжи, после чего вставляли резиновую пробку с гидрозатвором и взвешивали на технических весах с точностью до 0,01 г. В процессе сбраживания проводили взвешивание данных колб. На рис. 2 приведена динамика выделения диоксида углерода в процессе брожения сусла из различных сортов топинамбура.

Во всех образцах количество выделившегося углекислого газа от момента возбуждения и до 24 ч ферментации находилось приблизительно на одном уровне, что свидетельствовало об энергичном развитии дрожжей. Отмечено превалирование выделенного диоксида углерода в образцах сусла из смешанных замесов с клубнями топинамбура сортов Топинсолнечник ЦБС и Десертный, причем по окончании брожения образец сусла из смеси клубней топинамбура Десертный и ржи достигал максимального результата – 13,1 г/200 см<sup>3</sup> сусла, что подтверждает высокую метаболическую активность дрожжей в данном образце. Наименьшее количество выделившегося диоксида углерода отмечено в образце сусла из смеси клубней топинамбура Находка и ржи, что также объясняется более низким исходным углеводным потенциалом сбраживаемой среды и худшей ее подвижностью, замедляющей метаболизм дрожжей.

В процессе брожения сусла из смешанного сырья (топинамбур различных сортов и рожь) контролировали состояние дрожжей в период главного брожения (на 18 и 36 ч) путем подсчета количества дрожжевых клеток в камере Горяева. Результаты по накоплению дрожжевой биомассы приведены в табл. 1.

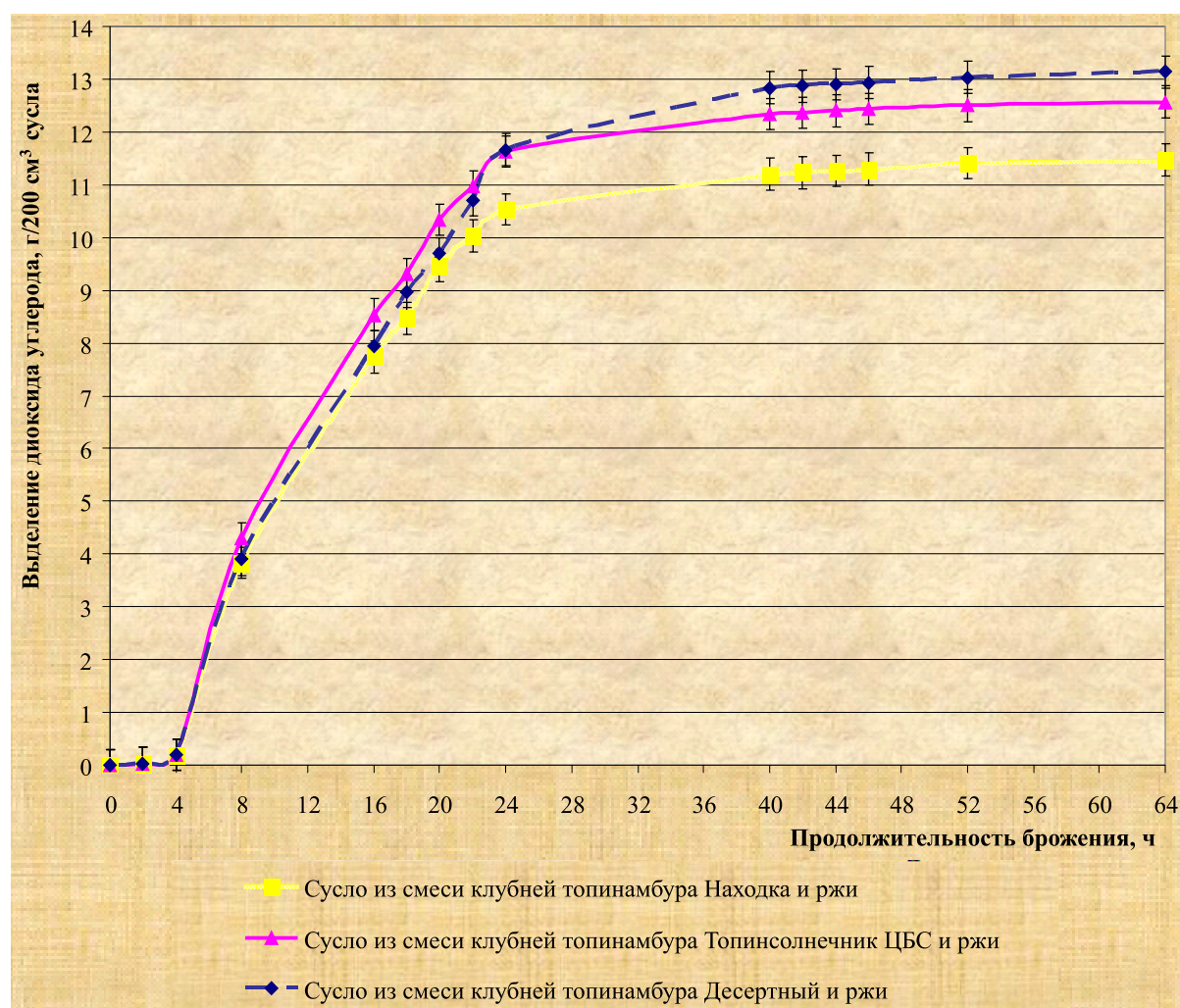


Рис. 2. Динамика выделения диоксида углерода в процессе брожения сусла из различных сортов топинамбура и ржи  
 Fig. 2. Dynamics of carbon dioxide release during the fermentation of wort from various varieties of Jerusalem artichoke and rye

Таблица 1. Накопление дрожжевой биомассы на 18 и 36 часов брожения  
 Table 1. Accumulation of yeast biomass at 18 and 36 hours of fermentation

Наименование образца	Накопление дрожжевой биомассы на 18 ч брожения		Накопление дрожжевой биомассы на 36 ч брожения	
	Количество дрожжевых клеток, млн. кл./см <sup>3</sup>	Количество почкующихся клеток, %	Количество дрожжевых клеток, млн. кл./см <sup>3</sup>	Количество почкующихся клеток, %
Сусло из смеси клубней топинамбура Находка и ржи	238 ± 8	50,5 ± 2,0	223 ± 5	26,9 ± 1,0
Сусло из смеси клубней топинамбура Топинсолнечник ЦБС и ржи	248 ± 10	38,7 ± 1,0	224 ± 7	39,5 ± 1,0
Сусло из смеси клубней топинамбура Десертный и ржи	195 ± 6	52,8 ± 3,0	198 ± 5	36,6 ± 1,0

Повышенная концентрация дрожжей в образцах сусла из смеси клубней топинамбура сортов Находка, Топинсолнечник ЦБС и ржи может быть обусловлена, в первую очередь, более низкой концентрацией сухих веществ исходного осахаренного сусла.

Концентрация почкующихся клеток экспериментальных образцов находилась в диапазоне от 38,7 % до 52,8 % на 18 ч брожения и от 26,9 % до 39,5 % на 36 ч брожения, что свидетельствовало о продолжающемся развитии и размножении дрожжей.

С целью сравнения глубины выбраживания экспериментальных образцов проанализированы показатели теххимического контроля зрелой бражки, представленные в табл. 2.

Т а б л и ц а 2. Показатели зрелой бражки сусла из смешенного сырья и выход спирта  
Table 2. Indicators of a mature mash wort from mixed raw materials and alcohol yield

Наименование образца	Показатели зрелой бражки сусла из различных сортов топинамбура и ржи			Выход спирта из тонны топинамбура, дал
	pH	PВ, %	Крепость зрелой бражки, об. %	
Сусло из смеси клубней топинамбура Находка и ржи	4,30 ± 0,05	0,20 ± 0,03	8,10 ± 0,01	5,30 ± 0,04
Сусло из смеси клубней топинамбура Топинсолнечник ЦБС и ржи	4,23 ± 0,05	0,25 ± 0,03	8,60 ± 0,01	6,34 ± 0,05
Сусло из смеси клубней топинамбура Десертный и ржи	4,11 ± 0,05	0,29 ± 0,02	9,30 ± 0,02	9,13 ± 0,05

Примечание: При расчете выхода спирта из клубней топинамбура при переработке смешенного сырья использовали ранее установленную крахмалистость зерна ржи – 54,9 % и плановый выход этилового спирта из 1 т условного крахмала ржи, утвержденный в Республике Беларусь и равный 65,5 дал.

По значениям pH, представленным в табл. 2, можно говорить о микробиологической чистоте спиртового брожения сусла во всех опытных образцах. pH зрелой бражки находится в нормируемых пределах для спиртового производства, а также приблизительно на одном уровне во всех образцах.

Анализ полученных данных показал, что в образце сусла из смеси клубней топинамбура сорта Десертный и ржи содержание этилового спирта в зрелой бражке наибольшее – 9,3 % об., что вполне согласуется с исходным химическим составом клубней. Также отмечено, что при получении этилового спирта из клубней топинамбура различных сортов в смеси с зерновым сырьем наибольший выход этилового спирта наблюдался при использовании клубней топинамбура сорта Десертный – 9,13 дал/т сырья, при переработке клубней топинамбура сорта Топинсолнечник ЦБС – 6,34 дал/т сырья и при использовании клубней топинамбура сорта Находка – 5,3 дал/т сырья.

Анализ данных по накоплению биомассы во время брожения, динамике выделения диоксида углерода, а также данных значений технологических показателей зрелой бражки и выхода спирта позволяет утверждать о целесообразности использования всех изучаемых сортов клубней топинамбура (Десертный, Топинсолнечник ЦБС, Находка). В тоже время следует отметить, что наиболее перспективной для спиртового (биоэтанольного) производства является переработка клубней топинамбура сорта Десертный в смеси с зерновым сырьем.

#### Список использованных источников

1. Воробьева, Г.И. Интенсификация производства спирта на основе применения композиционных биологических стимуляторов / Г.И. Воробьева, С.А. Глухих, Г.Н. Максимова, Л.В. Римарева // Производство спирта и ликероводочных изделий. – 2003. – № 2. – С. 14–15.
2. Лихтенберг, Л.А. Влияние технологических приемов на качество спирта / Л.А. Лихтенберг // Производство спирта и ликероводочных изделий. – 2001. – № 2. – С. 28–29.
3. Поляков, В.А. О научном обеспечении биотехнологии ферментных препаратов для перерабатывающих отраслей АПК / В.А. Поляков, Л.В. Римарева // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2003. – № 8. – С. 106–111.
4. Поляков, В.А. / Теоретические и практические основы совершенствования технологии спирта // В.А. Поляков, Л.В. Римарева; Под ред. В.А.Полякова, Л.В. Римаревой. – М.: ВНИИПБТ. – 2008. – 264 с.

5. Вагабов, М-З. В. Применение ферментных препаратов с целью ускорения гидролиза инулина при производстве этилового спирта / М-З. В. Вагабов, З.М. Керимова, Т.В. Мальцева, О.С. Корнеева // Биотехнология. – 2005. – №1. С. 34–36.
6. Голубев, В.Н. Топинамбур – пищевой, биоэнергетический и экологосберегающий ресурс / В.Н. Голубев, Н.М. Пасько, И.В. Волкова // Хранение и переработка сельхозсырья. – 1994. – №5. – С. 41–45.
7. Багаутдинова, Р.И. Продуктивность и фракционный состав углеводного комплекса разных по скороспелости сортов топинамбура / Р.И. Багаутдинова, Г.П. Федосеева // Сельскохозяйственная биология. – 2000. – №1. – С. 55–63.
8. Слюсаренко, Т.П. Лабораторный практикум по микробиологии пищевых производств / Т.П. Слюсаренко. – М.: Легкая и пищевая промышленность. – 1984. – 207 с.
9. Польшалина, Г.В. Технохимический контроль спиртового и ликеро-водочного производства / Г.В. Польшалина. – М.: Колос. – 1999. – 334 с.
10. Рухляева, А.П. Технохимический контроль спиртового производства / А.П. Рухляева. – М.: Пищевая промышленность. – 1974. – 355 с.
11. Пусовская, Ю.С. Изучение физико-химических и микробиологических показателей качества клубней топинамбура / Ю.С. Пусовская, Е.М. Моргунова, А.А. Пушкарь // Инновационные технологии в пищевой промышленности : материалы XV Международной научно-практической конференции, 4-5 октября 2018. – С. 25–37.
12. Оганесянц, Л.А. Разработка технологии спиртных напитков на основе дистиллята из топинамбура / Л.А. Оганесянц, В.А. Песчанская, Л.Н. Крикунова // Пиво и напитки. – 2017. – №1. – С. 26–29.
13. Пусовская, Ю.С. Совместное использование клубней топинамбура и зерна для получения биоэтанола / Ю.С. Пусовская, Е.М. Моргунова, А.А. Пушкарь // Инновационные технологии в пищевой промышленности: материалы XV Международной научно-практической конференции, 5–6 октября 2016. – С. 43–45.

### References

1. Vorobyova, G.I. Intensification of alcohol production based on the use of composite biological stimulants / G.I. Vorobyova, S.A. Deaf, G.N. Maximov, L.V. Rimareva // Production of alcohol and alcoholic beverages. – 2003. – №2. – P. 14–15 (in Russian).
2. Lichtenberg, LA The influence of technological methods on the quality of alcohol / L.A. Lichtenberg // Production of alcohol and alcoholic beverages. – 2001. – №2. – P. 28–29 (in Russian).
3. Polyakov, V.A. On the scientific support of biotechnology of enzyme preparations for the processing industries of the agroindustrial complex / V.A. Polyakov, L.V. Rimareva // Storage and processing of agricultural products. – 2003. – №8. – P. 106–111 (in Russian).
4. Polyakov, V.A. / Theoretical and practical bases of improving the technology of alcohol // V.A. Polyakov, L.V. Rimarev; Ed. V.A. Polyakova, L.V. Rimareva. – М.: VNIIPBT. – 2008. – 264 p. (in Russian).
5. Vagabov, M-3. B. The use of enzyme preparations in order to accelerate the hydrolysis of inulin in the production of ethyl alcohol / M-3. V. Vagabov, Z.M. Kerimova, T.V. Maltsev, O.S. Korneev // Biotechnology. – 2005. – №1. P. 34–36 (in Russian).
6. Golubev, V.N. Jerusalem artichoke – food, bioenergy and environmental resource / V.N. Golubev, N.M. Pasko, I.V. Volkova // Storage and processing of agricultural products. – 1994. – №5. – P. 41–45 (in Russian).
7. Bagautdinova, R.I. Productivity and fractional composition of the carbohydrate complex of varieties of Jerusalem artichoke of different precocity / R.I. Bagautdinova, G.P. Fedoseeva // Agricultural Biology. – 2000. – №1. – P. 55–63 (in Russian).
8. Slyusarenko, T.P. Laboratory Workshop on the Microbiology of Food Production / T.P. Slyusarenko. – М.: Light and food industry. – 1984. – 207 p. (in Russian).
9. Polygalin, G.V. Techno-chemical control of alcohol and distillery production / G.V. Polygalin. – М.: Kolos. – 1999. – 334 p. (in Russian).



10. Rukhlyadeva, A.P. Technochemical control of alcohol production / A.P. Rukhlyadeva. – M. : Food industry. – 1974. – 355 p. (in Russian).
11. Pusovskaya, Yu.S. Study of physico-chemical and microbiological indicators of the quality of Jerusalem artichoke tubers / Yu.S. Pusovskaya, E.M. Morgunova, A.A. Pushkar // Innovative Technologies in the Food Industry: Proceedings of the XV International Scientific Practical Conference, October 4–5, 2018. – P. 25–37 (in Russian).
12. Oganesyants, L.A. Development of technology of alcoholic beverages based on distillate from Jerusalem artichoke / L.A. Oganesyants, V.A. Peschanskaya, L.N. Krikunova // Beer and drinks. – 2017. – № 1. – P. 26–29 (in Russian).
13. Pusovskaya, Yu.S. Sharing of Jerusalem artichoke tubers and grain for bioethanol production / Yu.S. Pusovskaya, E.M. Morgunova, A.A. Pushkar // Innovative Technologies in the Food Industry: Proceedings of the XV International Scientific Practical Conference, October 5–6, 2016. – P. 43–45 (in Russian).

#### Информация об авторах

*Моргунова Елена Михайловна* – кандидат технических наук, заместитель генерального директора по стандартизации и качеству продуктов питания РУП «Научно-практический центр национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: info@belproduct.com

*Пусовская Юлия Сергеевна* – младший научный сотрудник отдела технологий алкогольной и безалкогольной продукции РУП «Научно-практический центр национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: vodka@belproduct.com

*Пушкар Александр Александрович* – кандидат технических наук, начальник отдела технологий алкогольной и безалкогольной продукции РУП «Научно-практический центр национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: vodka@belproduct.com

#### Information about authors

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

*Pusovskay Yuliya S.* – Junior Researcher, Department of Technologies for Alcohol and Soft Drinks 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: vodka@belproduct.com

*Pushkar Alexandr A.* – Candidate of Technical Sciences, Head of Alcohol and Non-alcohol Technology 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: vodka@belproduct.com

УДК 664.2

Поступила в редакцию 06.02.2019  
Received 06.02.2019<sup>1</sup>М.С. Алексеенко, <sup>2</sup>Н.М. Новикова, <sup>1</sup>В.В. Литвяк<sup>1</sup>РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию»,  
г. Минск, Республика Беларусь<sup>2</sup>Международный государственный экологический институт им. А.Д. Сахарова Белорусского  
государственного университета, г. Минск, Республика Беларусь

## ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ХОЛОДНОГО КИСЛОТНОГО ГИДРОЛИЗА КАРТОФЕЛЬНОГО И КУКУРУЗНОГО КРАХМАЛА

**Аннотация.** Температура, время гидролиза, тип и концентрация минеральной кислоты, а также концентрация крахмальной суспензии оказывали существенное влияние на физико-химические свойства (средний диаметр крахмальных гранул и условную вязкость). При повышении времени гидролиза с 2 до 6 ч, температуры с 30 до 50 °С, концентрации суспензии с 20 % до 40 % условная вязкость клейстера картофельного крахмала снижалась от более 1380 до 11,8, кукурузного от 470 с до 11,6 с при одновременном уменьшение среднего диаметра гранул картофельного крахмала от 46,4 мкм до 32,3 мкм, кукурузного от 35,2 мкм до 17,0 мкм. Соляная кислота оказывала большее по сравнению с серной кислотой воздействие на изменение структуры и свойств крахмала. При ужесточении режимов холодного гидролиза как картофельного, так и кукурузного крахмала (увеличении концентрации кислоты, температуры и времени гидролиза) наблюдалось уменьшение среднего размера крахмальных гранул при одновременном понижении условной вязкости крахмальных клейстеров. Наиболее интересными для применения технологическими режимами холодного кислотного гидролиза картофельного крахмала являются следующие: концентрация крахмальной суспензии – 40 %, температура гидролиза – 50 °С, время гидролиза – 6 ч, модифицирующий агент – соляная кислота, концентрация кислоты – 0,5 н. раствор, а кукурузного крахмала: концентрация крахмальной суспензии – 40 %, температура гидролиза – 50 °С, время гидролиза – 6 ч, модифицирующий агент – соляная кислота, концентрация кислоты – 0,5 н. раствор. Кислотного гидролизованые крахмалы с наименьшим средним размером крахмальных гранул и наименьшей условной вязкостью крахмальных клейстеров могут с успехом найти применение в пищевой промышленности при приготовлении сухих смесей киселей, а также в технических целях: при производстве гипскартонных изделий в качестве связующего, в качестве шликтующей основы при шликтовании хлопчатобумажных и смешанных нитей, а также при производстве стекловолокна в качестве основы замасливателей.

**Ключевые слова:** крахмал, картофельный, кукурузный, клейстер, условная вязкость, крахмальные гранулы, холодный гидролиз, минеральная кислота, температура, концентрация

M.S. Alekseenko<sup>1</sup>, N.M. Novikova<sup>2</sup>, V.V. Litvyak<sup>1</sup><sup>1</sup>RUE «Scientific-Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus»,  
Minsk, Republic of Belarus<sup>2</sup>Belarusian State University, International Sakharov Environmental Institute, Minsk, Republic of Belarus

## STUDY OF THE PECULIARITIES OF COLD ACID HYDROLYSIS OF POTATO AND CORN STARCH

**Abstract.** Temperature, hydrolysis time, type and concentration of mineral acid, as well as the concentration of starch suspension had a significant impact on the physicochemical properties (average diameter of starch granules and conditional viscosity). With increasing hydrolysis time from 2 to 6 hours, temperatures from 30 to 50 °С, suspension concentration from 20 % to 40 %, the conditional viscosity of potato starch paste decreased from more than 1380 to 11.8, corn from 470 s to 11.6 s, while reducing the average diameter of potato starch granules is from 46.4 microns to 32.3 microns, corn from 35.2 microns to 17.0 microns. Hydrochloric acid had a greater effect than changes in structure and properties of starch compared to sulfuric

acid. With the tightening of cold hydrolysis of both potato and corn starch (an increase in acid concentration, temperature and hydrolysis time), a decrease in the average size of starch granules was observed while simultaneously reducing the conditional viscosity of starch pastes. The most interesting technological regimes for application of cold acid hydrolysis of potato starch are the following: the concentration of starch suspension is 40 %, the hydrolysis temperature is 50 °C, the hydrolysis time is 6 hours, the modifying agent is hydrochloric acid, the acid concentration is 0,5 n. solution, and corn starch: the concentration of starch suspension is 40 %, the hydrolysis temperature is 50 °C, the hydrolysis time is 6 hours, the modifying agent is hydrochloric acid, the acid concentration is 0,5 n. solution. Acid hydrolyzed starch with the smallest average size of starch granules and the lowest relative viscosity of starch pastes can be successfully used in the food industry in the preparation of dry kissel mixtures, as well as for technical purposes: in the production of plasterboard products as a binder, as a dressing basis for dressing cotton mixed yarns, as well as in the production of fiberglass as the basis for sizing.

**Keywords:** starch, potato, corn, paste, conditional viscosity, starch granules, cold hydrolysis, mineral acid, temperature, concentration

**Введение.** Наиболее динамично развивающейся отраслью промышленности является крахмалопаточная. Фундаментальным и прикладным вопросам технологии крахмала и крахмалопродуктов посвящено огромное количество научных публикаций отечественных [1–13] и зарубежных исследователей [14–36].

Крахмалопаточная отрасль Республики Беларусь на 2018 г. включает около 15 предприятий по производству крахмала и крахмалопродуктов. Рентабельность отечественных производителей крахмала и крахмалопродуктов невысокая в результате устаревших технологий производства, низкого качества сырья, узкого ассортимента выпускаемой продукции и ряда других причин. Наибольшим спросом на рынке Беларуси и на мировых рынках пользуются не нативные, а модифицированные крахмалы. Модифицированные крахмалы широко применяются во многих отраслях пищевой промышленности: кондитерской, хлебопекарной, консервной, пищекокцентратной, молочной, мясной, а также в текстильной, бумажной, кожевенной, полиграфической, фармацевтической промышленности, в металлургии, в быту и т.д. Наиболее простой и востребованной модификацией является кислотногидролизованное крахмалы. В настоящее время в Республике Беларусь отсутствуют отечественные технологии кислотногидролиза крахмала, которые способны достойно конкурировать с зарубежными.

Одной из наиболее востребованных в настоящее время видов крахмалопродуктов является химически модифицированный кислотногидролизованное крахмал. В настоящее время актуальным является создание нового приоритетного научно-практического направления развития современного крахмального производства путем разработки технологии холодного гидролиза минеральными кислотами крахмала с сохранением крахмальных гранул и нахождении корреляционной зависимости между режимами гидролиза, размером крахмальных гранул, физико-химическими свойствами и возможностями применения кислотногидролизованного крахмала.

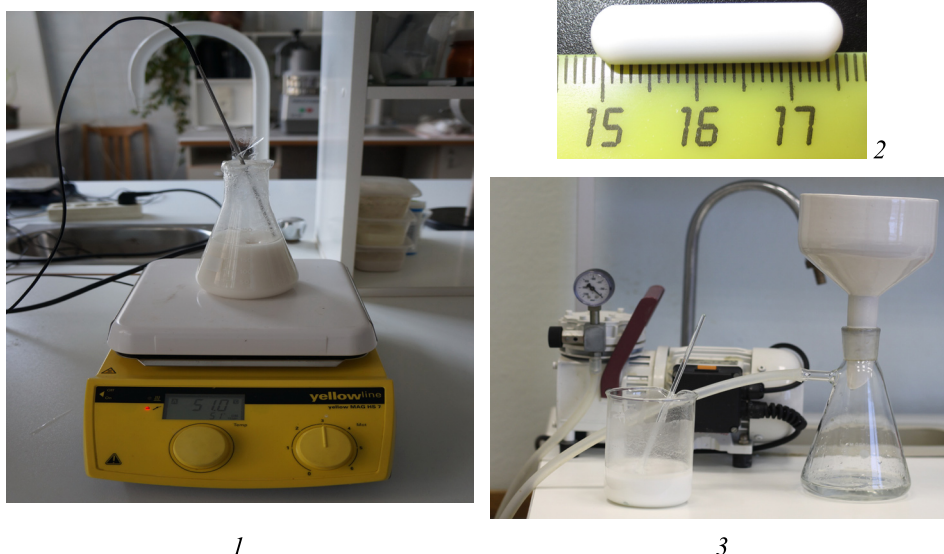
Целью исследования являлось установление параметров гидролиза для получения кислотногидролизованного крахмала.

**Объект и методы исследования.** *Объект исследования.* Объектом исследования являлись нативные и кислотногидролизованное картофельный и кукурузный крахмалы.

*Метод лабораторного получения кислотногидролизованное крахмалов.* Для проведения гидролиза крахмала в лабораторных условиях использовали магнитную мешалку с подогревом и термопарой YellowMAGHS 7, лабораторный вакуумный насос, шланги, стеклянную колбу Бунзена, фарфоровую воронку Бюхнера (рис. 1).

Основная матрица получения экспериментальных образцов кислотногидролизованного крахмала в лабораторных условиях представлена в табл. 1.

Кислотный гидролиз картофельного и кукурузного крахмала проводили при 30, 40 или  $50 \pm 3$  °C в течение 2, 4 или 6 ч при использовании 0,1 н. и 0,5 н. водного раствора соляной (HCl) и серной кислот (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). Реакцию кислотногидролиза осуществляли следующим образом: навеску крахмала при перемешивании диспергировали в определенном объеме водного раствора кислоты (концентрация суспензии крахмала – 20, 30 или 40 %), затем термостатировали при фиксированной температуре, после чего через 2, 4, 6 ч отбирали порцию суспензии кислотногидролизованного крахмала, нейтрализовали 0,1 н. или 0,5 н. раствором гидроксида натрия (NaOH) до pH 5–7,5, затем кислотногидролизованное крахмал отделяли от раствора на стеклянном пористом фильтре под вакуумом, промывали его водой и сушили в сушильном шкафу при температуре 35 °C.



1 – магнитная мешалка с подогревом; 2 – магнит; 3 – лабораторный вакуумный насос

Рис. 1. Получение кислотного гидролизованного крахмала в лабораторных условиях  
Fig. 1. Getting acid hydrolyzed starches in the laboratory

*Методы физико-химических исследований.* Условную вязкость 6 %-ого водного клейстера кукурузного крахмала измеряли на вискозиметре ВЗ-246 в соответствии с ТУ 190239501.889-2015.

Средний диаметр гранул картофельного крахмала измеряли при помощи электронного микроскопа LEO 1420 (Germany). Металлизацию препаратов осуществляли золотом в вакуумной установке EMITECH K 550X.

**Результаты и их обсуждение.** Нативный крахмал – природный полимер, в котором мономеры (остатки α-D-глюкопиранозы) связаны α-(1→4)- и α-(1→6)-глюкозидными связями, образуя амилозу (полисахарид линейного строения) и амилопектин (полисахарид разветвленного строения).

Таблица 1. Матрица получения экспериментальных образцов кислотного гидролизованного крахмала в лабораторных условиях

Table 1. Matrix of obtaining experimental samples of acid-hydrolyzed starch in the laboratory

№ образца	Условия гидролиза		№ образца	Условия гидролиза	
картофельный крахмал, 0,5 н. р-р H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , 6 ч.			картофельный крахмал, 0,5 н. р-р HCl, 6 ч.		
1.1	суспензия 20 %	t=30 °C	4.1	суспензия 20 %	t=30 °C
1.2		t=40 °C	4.2		t=40 °C
1.3		t=50 °C	4.3		t=50 °C
2.1	суспензия 30 %	t=30 °C	5.1	суспензия 30 %	t=30 °C
2.2		t=40 °C	5.2		t=40 °C
2.3		t=50 °C	5.3		t=50 °C
3.1	суспензия 40 %	t=30 °C	6.1	суспензия 40 %	t=30 °C
3.2		t=40 °C	6.2		t=40 °C
3.3		t=50 °C	6.3		t=50 °C
картофельный крахмал					
суспензия 40%, t=50 °C			суспензия 40%, t=50 °C		
7.1	0,1 н. р-р H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	2 ч.	9.1	0,5 н. р-р H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	2 ч.
7.2		4 ч.	9.2		4 ч.
7.3		6 ч.	9.3		6 ч.
8.1	0,1 н. р-р HCl	2 ч.	10.1	0,5 н. р-р HCl	2 ч.
8.2		4 ч.	10.2		4 ч.
8.3		6 ч.	10.3		6 ч.

Окончание табл. 1

№ образца	Условия гидролиза		№ образца	Условия гидролиза	
кукурузный крахмал, 0,5 н. р-р H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , 6 ч.			кукурузный крахмал, 0,5 н. р-р HCl, 6 ч.		
<b>11.1</b>	суспензия 20 %	t=30 °C	<b>14.1</b>	суспензия 20 %	t=30 °C
<b>11.2</b>		t=40 °C	<b>14.2</b>		t=40 °C
<b>11.3</b>		t=50 °C	<b>14.3</b>		t=50 °C
<b>12.1</b>	суспензия 30 %	t=30 °C	<b>15.1</b>	суспензия 30 %	t=30 °C
<b>12.2</b>		t=40 °C	<b>15.2</b>		t=40 °C
<b>12.3</b>		t=50 °C	<b>15.3</b>		t=50 °C
<b>13.1</b>	суспензия 40 %	t=30 °C	<b>16.1</b>	суспензия 40 %	t=30 °C
<b>13.2</b>		t=40 °C	<b>16.2</b>		t=40 °C
<b>13.3</b>		t=50 °C	<b>16.3</b>		t=50 °C
кукурузный крахмал					
суспензия 40%, t=50 °C			суспензия 40%, t=50 °C		
<b>17.1</b>	0,1 н. р-р H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	2 ч.	<b>19.1</b>	0,5 н. р-р H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	2 ч.
<b>17.2</b>		4 ч.	<b>19.2</b>		4 ч.
<b>17.3</b>		6 ч.	<b>19.3</b>		6 ч.
<b>18.1</b>	0,1 н. р-р HCl	2 ч.	<b>20.1</b>	0,5 н. р-р HCl	2 ч.
<b>18.2</b>		4 ч.	<b>20.2</b>		4 ч.
<b>18.3</b>		6 ч.	<b>20.3</b>		6 ч.

Крахмальные фракции (амилоза и амилопектин) компактно упакованы в крахмальные зерна (или гранулы) [1–3, 12–17]. На основании известных данных о многоуровневой структуре крахмала (амилозы, амилопектина, гранул, конгломератов гранул) нами осуществлялась планировка эксперимента.

*Планирование эксперимента.* Нами был спланирован и проведен многофакторный эксперимент с помощью программы STATISTICA 8.0.

Для определения предпочтительных параметров кислотного гидролиза картофельного и кукурузного крахмала были выбраны факторы, оказывающие наибольшее влияние на условную вязкость картофельного и кукурузного крахмала, а также на средний диаметр гранул картофельного и кукурузного крахмала обозначены следующим образом:

- Y<sub>1</sub> – условная вязкость 6 %-ого водного клейстера картофельного крахмала, с;
- Y<sub>2</sub> – условная вязкость 6 %-ого водного клейстера кукурузного крахмала, с;
- Y<sub>3</sub> – средний диаметр гранул картофельного крахмала, мкм;
- Y<sub>4</sub> – средний диаметр гранул кукурузного крахмала, мкм;
- X<sub>1</sub> – температура, °C;
- X<sub>2</sub> – продолжительность гидролиза, ч;
- X<sub>3</sub> – концентрация крахмальной суспензии, %;
- X<sub>4</sub> – вид и концентрация кислоты (1–4), где 1 – H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,5 н. р-р, 2 – HCl 0,5 н. р-р, 3 – H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,1 н. р-р, 4 – HCl 0,1 н. р-р.

Диапазоны значений концентрации суспензии, температуры и времени гидролиза, вида и концентрации кислоты определены на основании изучения литературных источников, технической документации по производству крахмала и крахмалопродуктов, а также проведения предварительных испытаний по определению условной вязкости 6 %-ого водного клейстера картофельного и кукурузного крахмалов и среднего диаметра крахмальных гранул.

В качестве кислот были использованы серная и соляная кислоты. Эти кислоты в соответствии с современной теорией сильных электролитов в полной мере диссоциируют при любых концентрациях, но активность водородных ионов этих кислот из-за проявления межмолекулярного притяжения различна. Каталитическое действие кислот пропорционально не общей концентрации водородных ионов, а концентрации только активной их части. Азотную кислоту не использовали из-за возникновения побочных (окислительных) реакций. Остальные кислоты малоактивны. На основании проведенных поисковых научно-исследовательских работ установлено, что наиболее оптимальными для гидролиза являются 0,1 и 0,5 н.

Время гидролиза составило 2, 4 и 6 ч. Производство химически модифицированного кислотного гидролизованного крахмала на крахмальном заводе, как правило, осуществляется в одну смену,

поэтому максимальное время гидролиза не должно превышать 6 ч. Проводить гидролиз менее 2 ч не целесообразно, т.к. не удастся достичь необходимой степени модификации.

В ходе предварительных экспериментов было установлено, что в интервале 30–40 °С, условная вязкость быстро снижалась. Также падение вязкости продолжалось в интервале температур от 40 до 50 °С, когда процесс гидролиза ускоряется, что соответствует правилу Ван-Гоффа (с повышением температуры на 10 °С скорость реакции увеличивается в 2–4 раза). Для того чтобы сохранить крахмальные гранулы в ходе кислотного гидролиза, необходимо, чтобы максимальная температура процесса не превышала температуру клейстеризации крахмала (температура начала клейстеризации картофельного крахмала – 60 °С, температура начала клейстеризации кукурузного крахмала – 70 °С). Сохранение зернистости кислотного гидролизованного крахмала после проведения гидролиза позволяет отделить его от жидкой фазы простыми технологическими операциями. При повышении температуры водных дисперсий более 30 °С происходит частичный разрыв водородных связей в молекул в зерне крахмала, который приводит к изменениям его микроструктуры. Исходя из этого, нами были выбраны следующие температуры гидролиза 30, 40, 50 °С.

Концентрация крахмальных суспензий в технологии получения крахмала варьируется от 10 до 40 %. Поэтому нами были выбраны концентрации крахмальных суспензий 20, 30, 40 %.

Критериями для оценки влияния исследуемых факторов служили условная вязкость 6 %-ого водного клейстера картофельного и кукурузного крахмалов в с ( $Y_1$ ), ( $Y_2$ ) соответственно, а также средний диаметр гранул картофельного и кукурузного крахмалов в мкм ( $Y_3$ ), ( $Y_4$ ) соответственно.

Математическая модель зависимости условной вязкости 6 %-ого водного клейстера картофельного крахмала от условий холодного кислотного гидролиза представлена на рис. 2.

Также нами была получена математическая модель зависимости среднего диаметра гранул картофельного крахмала от условий холодного кислотного гидролиза, математическая модель зависимости условной вязкости 6 %-ого водного клейстера кукурузного крахмала от условий холодного кислотного гидролиза, а также математическая модель зависимости среднего диаметра гранул кукурузного крахмала от условий холодного кислотного гидролиза.

*Генерализованная модель для условной вязкости 6 %-ого водного клейстера картофельного крахмала.* В качестве плана регрессионного анализа была выбрана регрессия поверхности отклика.

Получено следующее уравнение регрессии, адекватно описывающее влияние температуры и продолжительности гидролиза, концентрации крахмальной суспензии, вида и концентрации кислоты на условную вязкость 6 %-ого водного клейстера картофельного крахмала:

$$Y_1 = \exp(-37,9832 + 0,4341 \cdot X_1 - 0,0052 \cdot X_1^2 + 9,0352 \cdot X_2 - 0,5835 \cdot X_2^2 + 0,1452 \cdot X_3 - 0,0015 \cdot X_3^2 + 23,8184 \cdot X_4 - 1,9743 \cdot X_4^2 - 0,003 \cdot X_1 \cdot X_3 - 0,1046 \cdot X_1 \cdot X_4 - 2,6342 \cdot X_2 \cdot X_4 + 0,0125 \cdot X_3 \cdot X_4).$$

Значение  $r$  для всех признаков меньше 0,001, что говорит о значимом влиянии на условную вязкость 6 %-ого водного клейстера картофельного крахмала всех исследуемых факторов.

Анализ прогнозируемых и экспериментальных значений по исследуемым критериям (условная вязкость 6 %-ого водного клейстера) доказал адекватность и работоспособность полученных уравнений регрессии.

Полученные экспериментальные данные позволяют установить оптимальные технологические параметры производства кислотного гидролизованного крахмала, определяющие оптимальную условную вязкость 6 %-ого водного клейстера картофельного крахмала.

*Генерализованная модель для среднего диаметра гранул картофельного крахмала.* Для среднего диаметра гранул наилучшим образом подошла модель множественной регрессии со следующим уравнением:

$$Y_3 = \exp(4,7369 - 0,0118 \cdot X_1 - 0,0922 \cdot X_2 - 0,0028 \cdot X_3 + 0,0376 \cdot X_4).$$

Все параметры данной модели также являются статистически значимыми ( $p < 0,001$ ).

*Генерализованная модель для условной вязкости 6 %-ого водного клейстера кукурузного крахмала.* Для условной вязкости 6 %-ого водного клейстера в случае кукурузного крахмала наилучшим образом также подошла модель регрессии поверхности отклика, как и в случае картофельного крахмала, однако не все параметры модели являются статистически значимыми. Следует отметить, что время гидролиза имеет самое высокое значение  $p = 0,225$ , что указывает на наименьшее влияние на зависимый признак.

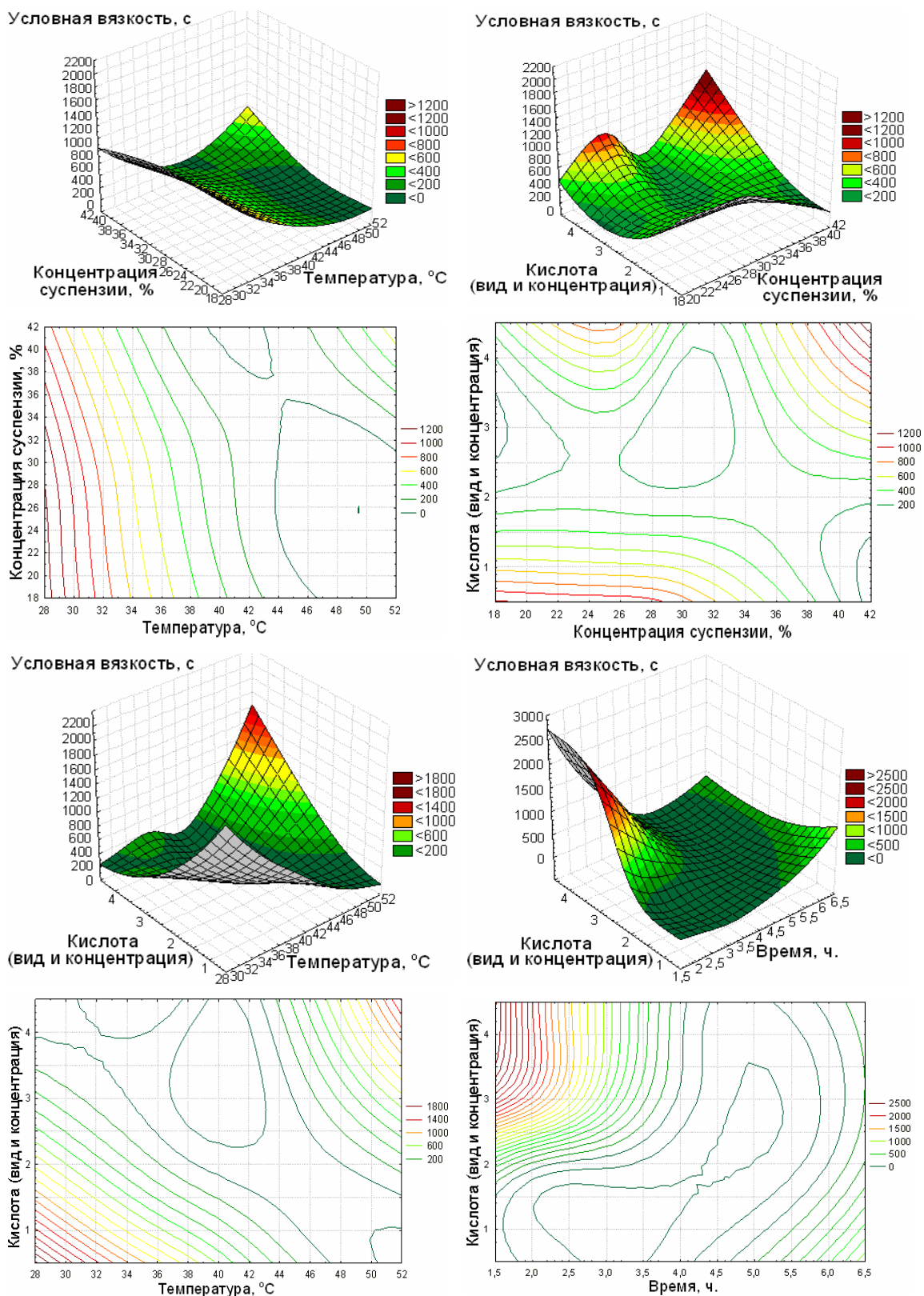


Рис. 2. Математическая модель зависимости условной вязкости 6 %-ого водного клейстера картофельного крахмала от условий холодного кислотного гидролиза

Fig. 2. Mathematical model of dependence of conditional viscosity of 6 % aqueous paste of potato starch on the conditions of cold acid hydrolysis

После упрощения первоначального вида уравнения модели с учетом исключения незначимых коэффициентов получено уравнение регрессии, адекватно описывающее влияние условий проведения кислотного гидролиза на условную вязкость 6 %-ого водного клейстера кукурузного крахмала, имеет вид:

$$Y_2 = \exp(28,6379 - 0,7137 \cdot X_1 + 0,0049 \cdot X_1^2 - 0,2563 \cdot X_2 + 0,0326 \cdot X_2^2 - 0,4951 \cdot X_3 - 0,0048 \cdot X_3^2 - 0,4911 \cdot X_4 - 0,1926 \cdot X_4^2 + 0,012 \cdot X_1 \cdot X_3 - 0,10208 \cdot X_1 \cdot X_4 - 0,045 \cdot X_2 \cdot X_4 + 0,1771 \cdot X_3 \cdot X_4).$$

*Генерализованная модель для среднего диаметра гранул кукурузного крахмала.* Для среднего диаметра гранул была использована полиномиальная модель следующего вида:

$$Y_4 = \exp(5,0262 - 0,035 \cdot X_1 + 0,0003 \cdot X_1^2 + 0,0809 \cdot X_2 - 0,0179 \cdot X_2^2 - 0,0413 \cdot X_3 + 0,0005 \cdot X_3^2 - 0,1198 \cdot X_4 + 0,0251 \cdot X_4^2).$$

Полученное уравнение регрессии, позволяет установить взаимосвязь размеров гранул кукурузного крахмала с режимами кислотного гидролиза (температурой, продолжительностью гидролиза, концентрацией крахмальной суспензии, видом и концентрацией кислоты).

Температура, время гидролиза, тип и концентрация минеральной кислоты, а также концентрация крахмальной суспензии оказывали существенное влияние на физико-химические свойства (средний диаметр крахмальных гранул и условную вязкость). При повышении времени гидролиза с 2 до 6 ч, температуры с 30 до 50 °С, концентрации суспензии с 20 % до 40 % условная вязкость клейстера картофельного крахмала снижалась от более 1380 до 11,8, кукурузного от 470 с до 11,6 с при одновременном уменьшении среднего диаметра гранул картофельного крахмала от 46,4 мкм до 32,3 мкм, кукурузного от 35,2 мкм до 17,0 мкм. Соляная кислота оказывала большее по сравнению с серной кислотой воздействие на изменение структуры и свойств крахмала.

При ужесточении режимов холодного гидролиза как картофельного, так и кукурузного крахмала (увеличении концентрации кислоты и времени гидролиза) наблюдалось уменьшение среднего размера крахмальных гранул при одновременном понижении условной вязкости крахмальных клейстеров.

Подобранные математические модели в целом описывают процесс кислотного гидролиза крахмала минеральными кислотами. Данные модели хорошо демонстрируют общую тенденцию изменений условной вязкости крахмального клейстера и размера крахмальных гранул от технологических режимов. Представленные модели неплохо предсказывают изменение размера крахмальных гранул в зависимости от технологических режимов, а также изменения условной вязкости от 1380 до 100 с.

Однако на низких значениях условной вязкости крахмальных клейстеров, начиная с 100 с, приведенные математические модели не имеют предсказательного эффекта. Для точного предсказания влияния технологических режимов гидролиза на изменения условной вязкости крахмального клейстера, при низких значениях начиная со 100 с и меньше, целесообразно подобрать более точную математическую модель в более узком диапазоне рассматриваемого процесса.

В крахмальной грануле имеются связанные молекулы воды [1, 12, 13, 16]. Количество связанной влаги определяется генетически и зависит от особенностей технологии получения крахмала. Химическая модификация, как правило, осуществляется в водной среде. Вначале происходит набухание крахмальной гранулы, в результате которого в гранулу проникают свободные молекулы воды и молекулы растворенного в воде химического агента. Иногда в качестве растворителя используют органическое вещество. При достижении определенного критического момента набухания крахмальной гранулы (т.е. при критическом содержании молекул воды или другого растворителя и химического агента в полости гранулы), по-видимому, начинается процесс разрыхления кристаллических участков, что делает их доступными для воздействия химического агента и усиливает химическую модификацию. Процесс разрыхления кристаллических участков катализируется при повышении температуры [1, 12, 13, 16].

Нами проводился холодный кислотный гидролиз крахмала при температуре не выше + 50 °С, что не является критической температурой и полностью исключает возможность разрушения крахмальных гранул, т.е. процесс клейстеризации крахмала. По-видимому, при холодном гидролизе крахмала происходит частичное разрыхление кристаллических участков и внутреннее расщепление полимерных цепей, преимущественно амилозы, т.к. именно амилоза формирует аморфные участки – доступные для воздействия химического модифицирующего агента (минеральной кислоты).



Гидролизованная кислотой крахмал широко используют в пищевой промышленности для приготовления мягких конфет, жележных изделий, рахат-лукума, корпусов шоколадных конфет, пудинговых смесей, при производстве пастилы, жевательных резинок, защитных плёнок, стабилизации фруктовых и ягодных желе [14, 15, 17]. Кроме того, кислотного гидролизованного крахмал используют в других: в текстильной промышленности для шлихтования основ и отделки как хлопчатобумажных, так и смешанных тканей, в производстве подкрахмаливающих средств и т.д. [14, 15, 17].

Установлено, что наибольшее применение в пищевой промышленности и технических целях имеют кислотного гидролизованные крахмалы с мелкими крахмальными гранулами и низкой условной вязкостью крахмальных клейстеров, что отмечалось при следующих технологических режимах холодного кислотного гидролиза для:

- ♦ картофельного крахмала: концентрация крахмальной суспензии – 40 %, температура гидролиза – 50 °С, время гидролиза – 6 ч, модифицирующий агент – соляная кислота, концентрация кислоты – 0,5 н. раствор,
- ♦ кукурузного крахмала: концентрация крахмальной суспензии – 40 %, температура гидролиза – 50 °С, время гидролиза – 6 ч, модифицирующий агент – соляная кислота, концентрация кислоты – 0,5 н. раствор.

Кислотного гидролизованного крахмала с наименьшим средним размером крахмальных гранул и наименьшей условной вязкостью крахмальных клейстеров могут с успехом найти применение в пищевой промышленности при приготовлении сухих смесей киселей, а также в технических целях:

- ♦ при производстве гипсокартонных изделий в качестве связующего,
- ♦ в качестве шлихтующей основы при шлихтовании хлопчатобумажных и смешанных нитей, а также
- ♦ при производстве стекловолокна в качестве основы замасливателей.

**Заключение.** В результате проведенного исследования нами получены уравнение регрессии, адекватно описывающее:

1. Влияние режимов кислотного гидролиза (температуры и продолжительности гидролиза, концентрации крахмальной суспензии, вида и концентрации кислоты) на условную вязкость 6 %-ого водного клейстера картофельного и кукурузного крахмала.

2. Взаимосвязь размеров крахмальных гранул с режимами кислотного гидролиза (температурой, продолжительностью гидролиза, концентрацией крахмальной суспензии, видом и концентрацией кислоты).

При усилении режимов холодного гидролиза минеральными кислотами как картофельного, так и кукурузного крахмала (увеличении концентрации кислоты и времени гидролиза) отмечено уменьшение среднего размера крахмальных гранул при одновременном понижении условной вязкости крахмальных клейстеров.

Подобранные математические модели в целом описывают процесс кислотного гидролиза крахмала минеральными кислотами. Представленные модели неплохо предсказывают изменение размера крахмальных гранул в зависимости от технологических режимов, а также изменения условной вязкости от 1380 до 100 с. На низких значениях условной вязкости крахмальных клейстеров, начиная с 100 с, приведенные математические модели не имеют предсказательного эффекта. Для точного предсказания влияния технологических режимов гидролиза на изменения условной вязкости крахмального клейстера, при низких значениях начиная со 100 с и меньше, целесообразно подобрать более точную математическую модель в более узком диапазоне рассматриваемого процесса.

Наибольшее применение в пищевой промышленности и технических целях имеют кислотного гидролизованного крахмалы с маленькими крахмальными гранулами и низкой условной вязкостью крахмальных клейстеров.

### Список использованных источников

1. Литвяк, В.В. Развитие теории и практики модификации крахмалосодержащего сырья для создания новых продуктов: автореф. дис. ...д-ра. техн. наук: 05.18.05. / В.В. Литвяк; ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный технологический университет». – Краснодар, 2013. – 48 с.
2. Полумбрик, М.О. Углеводы в пищевых продуктах / М.О. Полумбрик, В.В. Литвяк, З.В. Ловкис, В.Н. Ковбаса. – Минск : ИВЦ Минфина, 2016. – 592 с.

3. Крахмал и крахмалопродукты / Н.Г. Глюк, А.И. Жушман, Т.А. Ладур, Е.А. Штыркова. – М.: Агропромиздат, 1985. – 240 с.
4. Литвяк, В.В. Дослідження властивостей крохмалю обробленого озоном / В.В. Литвяк, Т.П. Троцька, А.А. Литвинчук, Е.В. Рощина, Е.В. Ребенок, М.П. Купчик, О.Ю. Мельник // Цукар України: наукова-практичний галузевий журнал. – 2006. – Т.49, №6. – С. 29–32.
5. Литвяк, В.В. Порівняльна оцінка властивостей деяких видів крохмалю та їх вплив на якість хлібних виробів / В.В. Литвяк, Д.П. Лісовська, О.В. Грабовська // Цукар України: наукова-практичний галузевий журнал. – 2011. – Т.64, №4. – С. 48–53.
6. Шишонок, М.В. Структура и свойства картофельного крахмала, облученного ускоренными электронами / М.В. Шишонок, В.В. Литвяк, Е.А. Мурашко, Е.В. Гринюк, Л.И. Сальников, Л.П. Рогинец, Л.П. Круль // High Energy Chemistry. – Т.41, №6. – 2007. – С. 483–487.
7. Бутрим, С.М. Изучение физико-химических свойств экструзионных крахмалов различного биологического происхождения / С.М. Бутрим, В.В. Литвяк, В.В. Москва // Russian Journal of Applied Chemistry. – Т.82, №7. – 2009. – С. 1099–1103.
8. Литвяк, В.В. Получение набухающего крахмала и исследование его молекулярной и надмолекулярной структуры / В.В. Литвяк, С.М. Бутрим, В.В. Москва // Известия высших учебных заведений. Сер. Химия и химическая технология. – Т.53. – Вып. 6. – 2010. – С. 78–82.
9. Бутрим, С.М. Особенности катионизации 3-хлор-2-гидроксипропилтриметиламмоний хлоридом тапиокового крахмала / С.М. Бутрим, В.В. Литвяк // Известия высших учебных заведений. Сер. Химия и химическая технология. – Т.57. – Вып. 4. – 2014. – С. 90–94.
10. Алексеенко, М.С. Получение и исследование свойств кислотного гидролизованного картофельного крахмала / М.С. Алексеенко, Т.Д. Бильдюкевич, Н.С. Бутрим, С.М. Бутрим, В.В. Литвяк // Известия высших учебных заведений. Сер. Химия и химическая технология. – Т.58. – Вып. 8. – 2015. – С. 58–62.
11. Козлова, Л. Особенности накопления и морфологии крахмала сортов картофеля белорусской селекции / Людмила Козлова, Владимир Литвяк, Инна Мельситова // Наука и инновации: научно-практический журнал. – №9(91). – 2010. – С. 43–48.
12. Литвяк, В.В. Механизм химической модификации крахмала / В.В. Литвяк, Ю.Ф. Росляков // Известия высших учебных заведений. Серия Пищевая технология. – 2013. – №2–3. – С. 31–35.
13. Литвяк, Владимир. Формирование крахмальной гранулы и механизм химической модификации крахмала / Владимир Литвяк, Маргарита Алексеенко, Альберт Канарский // Наука и инновации: научно-практический журнал. – 2016. – №3(157). – С. 63–67.
14. Химия и технология крахмала: Промышленные вопросы: пер. с англ.: под ред. Роя Л. Уилстера и Энжена Ф. Пашаля. – М.: Пищ. пром-сть, 1975. – 360 с.
15. Керр, Р.В. Химия и технология крахмала / Р.В. Керр, Ж.В. Цезар, Л.М. Кристенсен и др.; под ред. Р.В. Керра; пер. с англ. – М.: Пищепромиздат, 1956. – 579 с.
16. Андреев Н.Р. Основы производства нативных крахмалов. М.: Изд.: Пищепромиздат, 2001. – С. 289.
17. Жушман, А.И. Модифицированные крахмалы / А.И. Жушман. – М.: Пищепромиздат, 2007. – 236 с.
18. Nikhil K. Chrungoo. Morphological and Rheological Properties of Starches Separated from Cultivars of Rice (*Oryza sativa* L.) from North East India / Nikhil K. Chrungoo, Ayam Gangarani Devi // American Journal of Plant Sciences. – Vol. 6. – 2015. P. 2019–2031.
19. Makella, M.J. Studies on Oat Starch with a Celloscope: Granule Size and Distribution / M.J. Makella, S. Laakso // Starch/Starke. – 2006. – Vol. 36. – P. 159–163.
20. Sylvia de Pater. Manipulation of starch granule size distribution in potato tubers by modulation of plastid division / Sylvia de Pater, Martien Caspers, Marijke Kottenhagen, Henk Meima, Renaldo Ter Stege, Nick de Vetten // Plant Biotechnology Journal. – 2006. – Vol. 4, No. 1. – P. 123–134.
21. Jane, J-L. Anthology of starch granule morphology by scanning electron microscopy / J-L. Jane, T. Kasemsuwan, S. Leas, H. Zobel, J.F. Robyt // Starch-Starke. – 1994. – Vol. 46. – P. 121–129.

22. Malinski, E. Isolation of small starch granules and determination of their fat mimic characteristics / E. Malinski, J.R. Daniel, X.X. Zhang, R.L. Whistler // *Cereal Chem.* – 2003. – Vol. 80. – P. 1–4.
23. Pěrez, S. The molecular structures of starch components and their contribution to the architecture of starch granules: a comprehensive review / S. Pěrez, E. Bertoft // *Starch-Starke.* – 2010. – Vol. 62. – P. 389–420.
24. Buleon, A. Starch granules: structure and biosynthesis / A. Buleon, P. Colonna, V. Planchot, S. Ball // *Int J Biol Macromol.* – 1998. – Vol. 23. – P. 85–112.
25. Sahlstrom, S. Influence of starch granule size distribution on bread characteristics / S. Sahlstrom, E. Brathen, P. Lea, K. Autio // *J Cereal Sci.* – 1998. – Vol. 28. – P. 157–164.
26. Yonemoto, P.G. Effect of granule size on the structural and physico-chemical characteristics of wheat starch / P.G. Yonemoto, D.M.A. Calori, C.M.L. Franco // *Ciknc Tecnol Aliment.* – 2007. – Vol. 27. – P. 761–771.
27. Takeda, Y. Structures of large, medium and small starch granules of barley grain / Y. Takeda, C. Takeda, H. Mizukami, I. Hanashiro // *Carbohydr Polym.* – 1999. – Vol. 38. – P. 109–114.
28. Swinkels, J.J.M. Composition and Properties of commercial Native Starches / J.J.M. Swinkels // *Starch/Starke.* – 1985. – Vol. 37. – P. 1–5.
29. Zobel, H.F. Molecules to Granules: A Comprehensive Starch Review / H.F. Zobel // *Starch/Starke.* – 1988. – Vol. 40. – P. 44–50.
30. Dengate, H. Variation in size distribution of starch granules from wheat grain / H. Dengate, P. Meredith // *J Cereal Sci.* – 1984. – Vol. 2. – P. 83–90.
31. Stoddard F.L. Survey of starch particle-size distribution in wheat and related species / F.L. Stoddard // *Cereal Chem.* – 1999. – Vol. 76. – P. 145–9.
32. Lindebloom, N. Analytical, Biochemical and Hysiochemical Aspects of Starch Granule Size, with Emphasis on Small Granule Starches: A Review / N. Lindebloom, P.R. Chang, R.T. Tyler // *Starch/Starke.* – 2004. – Vol. 56. – P. 89–99.

## References

1. Litvyak, V.V. The development of the theory and practice of modification of starch-containing raw materials for the creation of new products: author. dis. ... Dr. tech. Sciences: 05.18.05. / V.V. Litvyak; FGBOU VPO «Kuban State Technological University». – Krasnodar, 2013. – 48 s.
2. Polumbrik, M.O. Uglevody v pischevyyh produktah / M.O. Polumbrik, V.V. Litvyak, Z.V. Lovkis, V.N. Kovbasa. – Minsk: IVTs Minfina, 2016. – 592 s.
3. Krahmal i krahmaloprodukty / N.G. Glyuk, A.I. Zhushman, T.A. Ladur, E.A. Shtyirkova. – M.: Agropromizdat, 1985. – 240 s.
4. Litvyak, V.V. Doslidzhennya v povisimosti krokhmalu obroblenogo ozone / V.V. Litvyak, T.P. Trotskaya, A.A. Litvinchuk, E.V. Roshchina, E.V. Child, MP Kupchik, O.Yu. Melnik // *Tsukar Ukraini: a naukova-practical gallery.* – 2006. – T.49, №6. – S. 29–32.
5. Litvyak, V.V. The assessment of the power of the acts of vidiv starchy and ihpl on the strength of good virobiv / V.V. Litvyak, D.P. Lisovska, O.V. Grabovska // *Tsukar Ukraini: a naukova-practical gallery.* – 2011. – T.64, №4. – S. 48–53.
6. Shishonok, M.V. Structure and properties of potato starch irradiated with accelerated electrons / M.V. Shishonok, V.V. Litvyak, E.A. Murashko, E.V. Grinyuk, L.I. Salnikov, L.P. Roginets, L.P. Krul // *High Energy Chemistry.* – T.41, №6. – 2007. – S. 483–487.
7. Butrim, S.M. Study of the physicochemical properties of extrusion starches of various biological origin / S.M. Butrim, V.V. Litvyak, V.V. Moscow // *Russian Journal of Applied Chemistry.* – T.82, №7. – 2009. – S. 1099–1103.
8. Litvyak, V.V. Obtaining swelling starch and the study of its molecular and supramolecular structure / V.V. Litvyak, S.M. Butrim, V.V. Moscow // *Proceedings of higher educational institutions. Ser. Chemistry and chemical technology.* – T.53, №6. – 2010. – S. 78–82.

9. Butrim, S.M. Features of cationization of 3-chloro-2-hydroxypropyltrimethylammonium chloride tapioca starch / S.M. Butrim, V.V. Litvyak // News of higher educational institutions. Ser. Chemistry and chemical technology. – T.57, №4. – 2014. – S. 90–94.
10. Alekseenko, M.S. Preparation and study of the properties of acid-hydrolyzed potato starch / M.S. Alekseenko, T.D. Bilyukevich, N.S. Butrim, S.M. Butrim, V.V. Litvyak // News of higher educational institutions. Ser. Chemistry and chemical technology. – T.58, №8. – 2015. – S. 58–62.
11. Kozlova, L. Features of the accumulation and morphology of starch varieties of potatoes of the Belarusian selection / Lyudmila Kozlova, Vladimir Litvyak, Inna Melsitova // Science and Innovations: a scientific journal. – №9 (91). – 2010. – S. 43–48.
12. Litvyak, V.V. Mechanism of starch chemical modification / V.V. Litvyak, Yu.F. Roslyakov // News of higher educational institutions. Food Technology Series. – 2013. – №2–3. – S. 31–35.
13. Litvyak, Vladimir. The formation of starch granules and the mechanism of chemical modification of starch / Vladimir Litvyak, Margarita Alekseenko, Albert Kanarsky // Science and Innovations: Scientific Journal. – 2016. – №3 (157). – S. 63–67.
14. Himiya i tehnologiya krahmala: Promyishlennyye voprosyi: per. s angl.: pod red. Roya L. Uilster i Enzhena F. Pashalya. – M.: Pisch. prom-st, 1975. – 360 s.
15. Kerr, R.V. Himiya i tehnologiya krahmala / R.V. Kerr, Zh.V. Tsezar, L.M. Kristensen i dr.; pod red. R.V. Kerra; per. s angl. – M.: Pischepromizdat, 1956. – 579 s.
16. Andreev N.R. Osnovy proizvodstva nativnykh krahmalov. M.: Izd.: Pischepromizdat, 2001. – S. 289.
17. Zhushman, A.I. Modifitsirovannyye krahmaly / A.I. Zhushman. – M.: Pischepromizdat, 2007. – 236 s.
18. Nikhil K. Chrungoo. Morphological and Rheological Properties of Starches Separated from Cultivars of Rice (*Oryza sativa* L.) from North East India / Nikhil K. Chrungoo, Ayam Gangarani Devi // American Journal of Plant Sciences. – Vol. 6. – 2015. P. 2019–2031.
19. Makella, M.J. Studies on Oat Starch with a Celloscope: Granule Size and Distribution / M.J. Makella, S. Laakso // Starch/Starke. – 2006. – Vol. 36. – P. 159–163.
20. Sylvia de Pater. Manipulation of starch granule size distribution in potato tubers by modulation of plastid division / Sylvia de Pater, Martien Caspers, Marijke Kottenhagen, Henk Meima, Renaldo Ter Stege, Nick de Vetten // Plant Biotechnology Journal. – 2006. – Vol. 4, No. 1. – P. 123–134.
21. Jane, J-L. Anthology of starch granule morphology by scanning electron microscopy / J-L. Jane, T. Kasemsuwan, S. Leas, H. Zobel, J.F. Robyt // Starch-Starke. – 1994. – Vol. 46. – P. 121–129.
22. Malinski, E. Isolation of small starch granules and determination of their fat mimic characteristics / E. Malinski, J.R. Daniel, X.X. Zhang, R.L. Whistler // Cereal Chem. – 2003. – Vol. 80. – P. 1–4.
23. Pírez, S. The molecular structures of starch components and their contribution to the architecture of starch granules: a comprehensive review / S. Pírez, E. Bertoft // Starch-Starke. – 2010. – Vol. 62. – P. 389–420.
24. Buleon, A. Starch granules: structure and biosynthesis / A. Buleon, P. Colonna, V. Planchot, S. Ball // Int J Biol Macromol. – 1998. – Vol. 23. – P. 85–112.
25. Sahlstrom, S. Influence of starch granule size distribution on bread characteristics / S. Sahlstrom, E. Brathen, P. Lea, K. Autio // J Cereal Sci. – 1998. – Vol. 28. – P. 157–164.
26. Yonemoto, P.G. Effect of granule size on the structural and physico-chemical characteristics of wheat starch / P.G. Yonemoto, D.M.A. Calori, C.M.L. Franco // Cien Tecnol Aliment. – 2007. – Vol. 27. – P. 761–771.
27. Takeda, Y. Structures of large, medium and small starch granules of barley grain / Y. Takeda, C. Takeda, H. Mizukami, I. Hanashiro // Carbohydr Polym. – 1999. – Vol. 38. – P. 109–114.
28. Swinkels, J.J.M. Composition and Properties of commercial Native Starches / J.J.M. Swinkels // Starch/Starke. – 1985. – Vol. 37. – P. 1–5.
29. Zobel, H.F. Molecules to Granules: A Comprehensive Starch Review / H.F. Zobel // Starch/Starke. – 1988. – Vol. 40. – P. 44–50.
30. Dengate, H. Variation in size distribution of starch granules from wheat grain / H. Dengate, P. Meredith // J Cereal Sci. – 1984. – Vol. 2. – P. 83–90.

31. Stoddard F.L. Survey of starch particle-size distribution in wheat and related species / F.L. Stoddard // Cereal Chem. – 1999. – Vol. 76. – P. 145–9.
32. Lindebloom, N. Analytical, Biochemical and Hysiochemical Aspects of Starch Granule Size, with Emphasis on Small Granule Starches: A Review / N. Lindebloom, P.R. Chang, R.T. Tyler // Starch/Starke. – 2004. – Vol. 56. – P. 89–99.

#### Информация об авторах

*Алексеенко Маргарита Сергеевна* – аспирант, младший научный сотрудник лаборатории физико-химических исследований Республиканского контрольно-испытательного комплекса РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, д. 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: info@belproduct.com

*Новикова Наталья Михайловна* – начальник учебно-методического отдела Международного государственного экологического института им. А.Д. Сахарова Белорусского государственного университета (ул. Долгобродская, д. 23/1, 220070, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: n\_novikava@tut.by

*Литвяк Владимир Владимирович* – доктор технических наук, кандидат химических наук, доцент, главный научный сотрудник отдела технологий продукции из корнеклубнеплодов РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, д. 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: info@belproduct.com

#### Information about authors

*Alekseenko Margarita S.* – Graduate, Junior Researcher, Laboratory of Physical and Chemical Research, Republican Test Complex, RUE «Scientific-Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus» (29, Kozlova street, Minsk, 220037, Republic of Belarus). E-mail: info@belproduct.com

*Novikova Natalya M.* – Head of Educational and Methodical Department Belarusian State University, International Sakharov Environmental Institute (23/1, Dolgobrodskaya street, Minsk, 220070, Republic of Belarus). E-mail: n\_novikava@tut.by

*Litvyak Vladimir V.* – Dr (engineering), Ph.D (chemistry), Associate Professor, Chief Researcher of the Technology Department of Roots RUE «Scientific-Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus» (29, Kozlova street, Minsk, 220037, Republic of Belarus). E-mail: info@belproduct.com

УДК 641.1:637.5.03 (047.31)(476)

Поступила в редакцию 05.02.2019  
Received 05.02.2019**А.В. Мелешня, Т.А. Савельева, С.А. Гордынец, И.В. Калтович***РУП «Институт мясо-молочной промышленности»,  
г. Минск, Республика Беларусь***СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТИ  
РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ МЯСНОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА  
ПРОДУКТОВ ИММУНОМОДУЛИРУЮЩЕЙ НАПРАВЛЕННОСТИ**

**Аннотация.** В статье представлены результаты исследований сравнительного анализа биологической ценности различных видов мясного сырья для производства продуктов иммуномодулирующей направленности. Установлено, что говядина, крольчатина, мясо цыплят-бройлеров, индейка, телятина, мясо страусов характеризуются высоким содержанием белка (18,5–21,7 %), низким содержанием жира (1,2–16,1 %), высокими значениями минимальных аминокислотных скоров (90,0–104,0 %), белкового качественного показателя (0,91–1,64), индекса незаменимых аминокислот (1,16–1,25), коэффициентов утилитарности аминокислотного состава (0,72–0,86) и приближенным к оптимальному жирнокислотным составом. Данные виды мясного сырья рекомендуется использовать при производстве мясных изделий иммуномодулирующей направленности.

**Ключевые слова:** говядина, свинина, крольчатина, мясо цыплят-бройлеров, индейка, телятина, мясо страусов, незаменимые аминокислоты, белковый качественный показатель, индекс незаменимых аминокислот, коэффициент утилитарности аминокислотного состава, показатель сопоставимой избыточности, полиненасыщенные, мононенасыщенные и насыщенные жирные кислоты

**A.V. Meliaschenya, T.A. Saveleva, S.A. Gordynets, I.V. Kaltovich***RUE «Institute for the Meat and Dairy Industry», Minsk, Republic of Belarus***THE COMPARATIVE ANALYSIS OF BIOLOGICAL VALUE  
OF DIFFERENT TYPES OF MEAT RAW MATERIALS FOR PRODUCTION  
OF PRODUCTS OF IMMUNOMODULATORY ORIENTATION**

**Abstract.** Results of researches of comparative analysis of biological value of different types of meat raw materials for production of products of immunomodulatory orientation are presented in article. It is established that beef, rabbit flesh, meat of broilers, a turkey, veal, meat of ostriches are characterized by the high content of protein (18.5–21.7 %), low content of fat (1.2–16.1 %), high values of the minimum amino-acid skor (90.0–104.0 %), a proteinaceous quality indicator (0.91–1.64), the index of irreplaceable amino acids (1.16–1.25), coefficients of utility of amino-acid structure (0.72–0.86) and the fatty-acid structure which is brought closer to optimum. These types of meat raw materials are recommended to be used by production of meat products of immunomodulatory orientation.

**Keywords:** beef, pork, rabbit flesh, meat of broilers, turkey, veal, meat of ostriches, irreplaceable amino acids, proteinaceous quality indicator, index of irreplaceable amino acids, coefficient of utility of amino-acid structure, indicator of comparable redundancy, polynonsaturated, monononsaturated and saturated fatty acids

**Введение.** В последние годы в Республике Беларусь наблюдается снижение иммунитета населения, в том числе детей различных возрастных групп, поскольку на иммунную систему современного человека оказывают отрицательное влияние различные факторы: неблагоприятная экологическая обстановка, несбалансированное нерациональное питание, недостаток сна, стрессы и др. [5, 6, 8, 16, 17].

Способность иммунной системы справляться со своими функциями зависит от многих факторов, однако одним из важнейших составляющих здорового образа жизни является питание. Важно, чтобы человек вводил в ежедневный рацион питания те продукты, которые больше всего способствуют нормальной деятельности иммунной системы. Международные исследования не оставляют ни малейшего сомнения в том факте, что различные составляющие питания относятся к важнейшим основам создания сильной, функциональной иммунной системы [2–4, 10–15].

По данным многолетних исследований, в рационе жителей Беларуси недостаточно растительных и животных белков, полезных пищевых волокон, витаминов и минералов, зато переизбыток жиров, особенно животного происхождения, холестерина, сахарозы [21–23, 25, 27, 28].

Ежегодно, по статистике, в Республике Беларусь гриппом и ОРВИ заболевает каждый третий житель страны и регистрируется около 3 млн. случаев заболеваний. Следует отметить, что среди всех заболевших ОРВИ более половины составляют дети до 14-летнего возраста.

Многочисленные исследования убедительно показывают, что продукты питания обладают не только питательной ценностью, но и регулируют многочисленные функции и биохимические реакции организма. В связи с этим в последние годы большое внимание уделяется развитию функционального питания, под которым подразумевается использование таких продуктов естественного происхождения, которые при систематическом употреблении оказывают регулирующее действие на организм в целом или на его определенные системы и органы [2–4, 31–34].

С целью разработки высококачественных мясных продуктов иммуномодулирующей направленности научный и практический интерес представляет проведение сравнительного анализа биологической ценности различных видов мясного сырья, перспективного для их изготовления.

**Цель исследований** – изучение биологической ценности различных видов мясного сырья для производства продуктов иммуномодулирующей направленности.

**Материалы и методы исследований.**

Материалы исследований – мясное сырье – говядина, телятина, свинина, крольчатина, индейка, мясо цыплят-бройлеров и страусов.

Методы исследований – стандартные методы исследований показателей качества пищевых продуктов.

**Результаты и их обсуждение.**

Установлено, что для производства мясных продуктов иммуномодулирующей направленности рекомендуется использовать нежирные сорта мяса (нежирную говядину и свинину, телятину, крольчатину) и нежирные сорта птицы (индейку, мясо цыплят-бройлеров). Наиболее ценными диетическими свойствами обладает мясо молодых животных и птиц, которое содержит гораздо меньше вредных чужеродных веществ, не успевающих накопиться за их короткий период жизни. Не рекомендуется часто употреблять в пищу мясо, содержащее много насыщенных жиров, особенно баранину [19].

Биологическая ценность мясного сырья, используемого для производства мясных продуктов, характеризуется наличием компонентов, необходимых для нормальной работы и покрытия энергетических затрат организма [20].

Для оценки биологической ценности наиболее перспективных видов мясного сырья провели их сравнительный анализ по содержанию белка, жира, аминокислотному и жирнокислотному составу и сбалансированности, используя данные справочной литературы [7, 9, 20, 26, 29].

Определено, что самым высоким содержанием белка характеризуются мясо страуса и крольчатина (21,7 и 21,1 % соответственно) (рис. 1). Немного меньше белка содержится в телятине (19,7 %), а в говядине, мясе цыплят-бройлеров и индейке содержание белка находится на практически одинаковом уровне (18,7 % для говядины и мяса цыплят-бройлеров и 18,5 % для мяса индейки). Свинина по химическому составу отличается от остальных видов мясного сырья меньшим содержанием белков (14,3 %), однако добавление свинины в фарш повышает усвояемость мясных изделий и улучшает их вкус [19].

Установлено, что самым низким содержанием жира по сравнению с другими видами мясного сырья отличаются мясо страуса и телятина (1,2 и 2,0 % соответственно). В крольчатине содержится 11 % жира, в индейке – 11,7 %, а в говядине и мясе цыплят-бройлеров содержание жира находится практически на одинаковом уровне (16,0 и 16,1 % соответственно). Самое высокое содержание жира в свинине (33,3 %), что обуславливает ее более высокую калорийность.

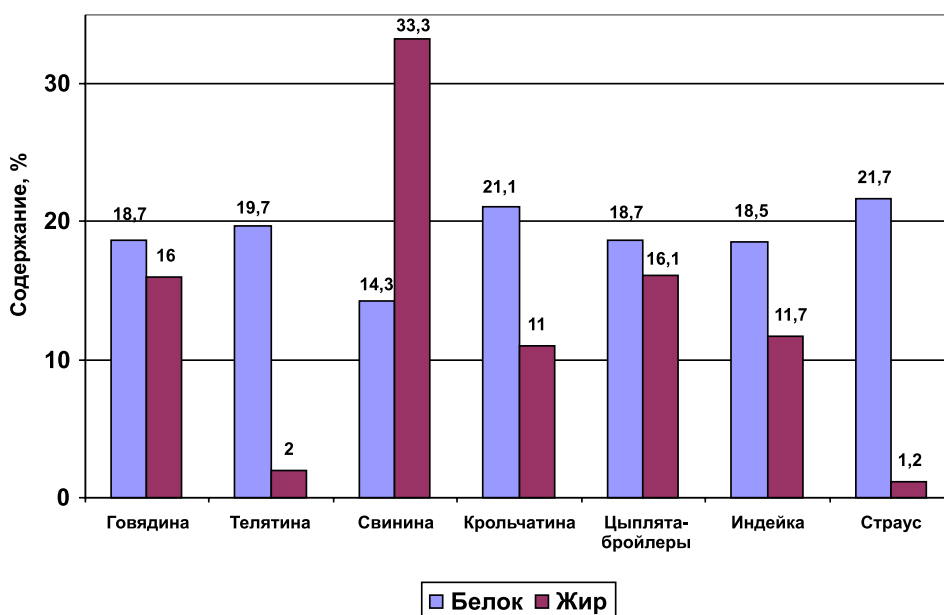


Рис. 1. Содержание белка и жира в мясном сырье  
 Fig. 1. Protein content and fat in meat raw materials

Определено, что мясо цыплят-бройлеров и говядина характеризуются наиболее приближенным к эталону соотношением белок: жир по сравнению с другими видами мясного сырья – 1 : 0,9 и 1 : 1,2 соответственно (табл. 1). Наименее приближенным к эталону видом мясного сырья по соотношению белок : жир является свинина (1 : 2,3).

Таблица 1. Соотношение белок: жир в различных видах мясного сырья  
 Table 1. Ratio of squirrels: fat in different types of meat raw materials

Наименование показателя	Эталон	Говядина	Телятина	Свинина	Крольчатина	Цыплята-бройлеры	Индейка	Страус
Соотношение белок:жир	1:1	1:1,2	1:0,1	1:2,3	1:0,5	1:0,9	1:0,6	1:0,1

Поскольку изучение общего химического состава позволяет получить лишь приближенное представление о биологической ценности продукта, для более полной характеристики степени полезности различных видов мясного сырья для повышения иммунитета провели их сравнительный анализ по аминокислотному и жирнокислотному составу и сбалансированности.

Современная наука о питании утверждает, что белок должен удовлетворять потребности организма в аминокислотах не только по количеству. Эти вещества должны поступать в определенных соотношениях между собой, так как аминокислотный дисбаланс может проявляться в нарушении процессов метаболизма. Показателем, характеризующим биологическую ценность белка, является аминокислотный скор [18, 30]. Результаты расчета аминокислотных скоров различных видов мясного сырья представлены в табл. 2.

Установлено, что аминокислотный скор телятины и индейки лимитирован по сумме серосодержащих аминокислот метионина и цистеина (аминокислотные скоры 94,3 и 91,4 % соответственно), а аминокислотные скоры мяса цыплят-бройлеров и страусов – по валину (94,0 и 90,0 % соответственно). В крольчатине, говядине и свинине аминокислотный скор составляет, в целом, более 100 % по всем аминокислотам, что свидетельствует об отсутствии лимитирующих биологическую ценность незаменимых аминокислот.

В связи с тем, что для повышения иммунитета важное значение имеют аминокислоты с разветвленной цепью – изолейцин, лейцин и валин, следует вывод о том, что мясное сырье, лимитированное по данным аминокислотам (мясо цыплят-бройлеров (валин, 94,0 %); мясо страуса (валин, 90,0 %)), не в полной мере будет удовлетворять потребности организма в данных эссенциальных микронутриентах.



Для характеристики биологической ценности мясного сырья использовали дополнительные критерии – белковый качественный показатель (БКП), индекс незаменимых аминокислот (ИНАК), показатели утилитарности незаменимых аминокислот, коэффициент утилитарности и разбалансированности АК состава и показатель сопоставимой избыточности [1].

Таблица 2. Аминокислотный скор незаменимых аминокислот белков различных видов мясного сырья

Table 2. Amino-acid it is fast irreplaceable amino acids of proteins of different types of meat raw materials

Незаменимые аминокислоты	«Идеальный» белок, FAO/ВОЗ (1973), г/100 г	Содержание аминокислот, г/100 г белка							
		Говядина, г/100 г	Скор, %	Телятина, г/100 г	Скор, %	Свинина, г/100 г	Скор, %	Крольчатина, г/100 г	Скор, %
Изолейцин	4,0	4,4	110,0	5,1	127,5	4,8	120,0	4,2	105,0
Лейцин	7,0	7,5	107,1	7,5	107,1	7,6	108,6	8,4	120,0
Лизин	5,5	8,1	147,3	8,5	154,5	8,0	145,5	10,7	194,6
Метионин + цистеин	3,5	4,2	120,0	3,3	94,3	3,7	102,9	3,7	105,7
Фенилаланин + тирозин	6,0	7,9	131,7	7,5	125,0	7,4	123,3	7,7	128,3
Треонин	4,0	4,1	102,5	4,4	110,0	4,7	117,5	4,4	110,0
Триптофан	1,0	1,3	130,0	1,3	130,0	1,3	130,0	1,6	160,0
Валин	5,0	5,3	106,0	5,9	118,0	5,6	112,0	5,2	104,0
Всего:	36,0	42,6	–	43,4	–	43,0	–	45,9	–
Лимитирующая аминокислота, скор, %	–	Нет	Метионин + цистеин, 94,3		Нет	Нет		Нет	

Окончание таблицы 2  
Termination of table 2

Незаменимые аминокислоты, г/100 г	«Идеальный» белок, FAO/ВОЗ (1973)	Содержание аминокислот, г/100 г белка					
		Цыплята-бройлеры, г/100 г	Скор, %	Индейка, г/100 г	Скор, %	Страус, г/100 г	Скор, %
Изолейцин	4,0	3,9	97,5	4,8	120,0	4,9	122,5
Лейцин	7,0	7,2	102,9	8,4	120,0	8,0	114,3
Лизин	5,5	8,7	158,2	8,9	161,8	11,0	200,0
Метионин + цистеин	3,5	3,6	102,9	3,2	91,4	3,2	91,4
Фенилаланин + тирозин	6,0	7,0	116,7	7,2	120,0	7,5	125,0
Треонин	4,0	4,5	112,5	4,5	112,5	4,5	112,5
Триптофан	1,0	1,6	160,0	1,6	160,0	1,3	130,0
Валин	5,0	4,7	94,0	4,7	94,0	4,5	90,0
Всего:	36,0	41,2	–	43,3	–	44,9	–
Лимитирующая аминокислота, скор, %	–	Валин, 94,0	Метионин + цистеин, 91,4	Валин, 90,0			

В табл. 3 и на рис. 2 и 3 представлены данные по расчету аминокислотной сбалансированности белков различных видов мясного сырья.

Таблица 3. Аминокислотная сбалансированность белков различных видов мясного сырья  
Table 3. Amino-acid balance of proteins of different types of meat raw materials

Вид сырья	Белковый качественный показатель	Индекс незаменимых аминокислот	Коэффициент утилитарности АК состава	Коэффициент разбалансированности АК состава	Показатель сопоставимой избыточности
Эталон	1	1	1	0	0
Говядина	1,16	1,18	0,86	0,14	5,76
Телятина	0,91	1,2	0,78	0,22	10,13
Свинина	1,12	1,19	0,86	0,14	5,89
Крольчатина	1,64	1,25	0,82	0,18	8,14
Цыплята-бройлеры	1,35	1,16	0,82	0,18	7,83
Индейка	1,3	1,2	0,76	0,24	11,37
Страус	1,5	1,2	0,72	0,28	13,89

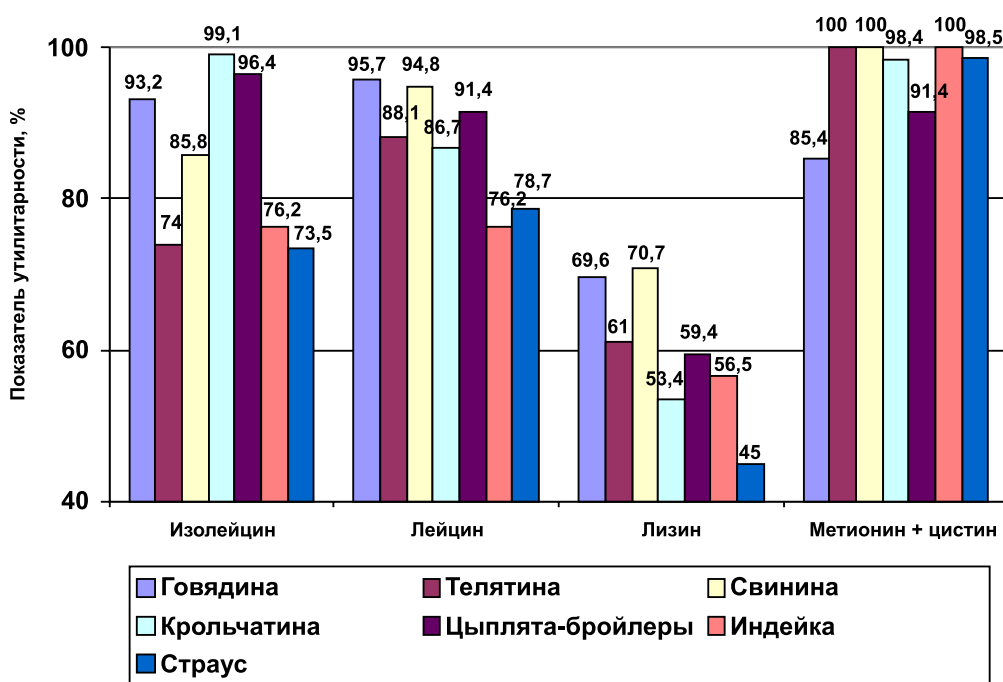


Рис. 2. Показатель утилитарности незаменимых аминокислот различных видов мясного сырья (часть 1)

Fig. 2. Indicator of utility of irreplaceable amino acids different types of meat raw materials (Part 1)

Как свидетельствуют данные табл. 3, наиболее высокие значения БКП имеют крольчатина (1,64) и мясо страуса (1,50), которые в то же время характеризуются высокими значениями ИНАК – 1,25 и 1,20 соответственно. Высокими значениями БКП характеризуются также мясо цыплят-бройлеров (1,35) и индейка (1,30), что свидетельствует о высоком содержании в них триптофана по сравнению с оксипролином. Значение ИНАК для данных видов мясного сырья также превышает эталон на 0,16 и 0,20 соответственно.

Показатель БКП для говядины и свинины превышает эталон на 0,16 и 0,12 соответственно, а ИНАК – на 0,18 и 0,19 соответственно. Телятина имеет самое низкое по сравнению с исследуемыми видами мясного сырья значение БКП, уступающее эталону на 0,09, так как характеризуется высоким содержанием оксипролина. В то же время телятина характеризуется высоким значением ИНАК (1,20), превышающим эталон на 0,20.

Установлено, что значение коэффициента утилитарности аминокислотного состава различных видов мясного сырья находится в следующей убывающей последовательности: говядина (0,86) → крольчатина, мясо цыплят-бройлеров (0,82) → телятина (0,78) → мясо индейки (0,76) → мясо страуса (0,72).

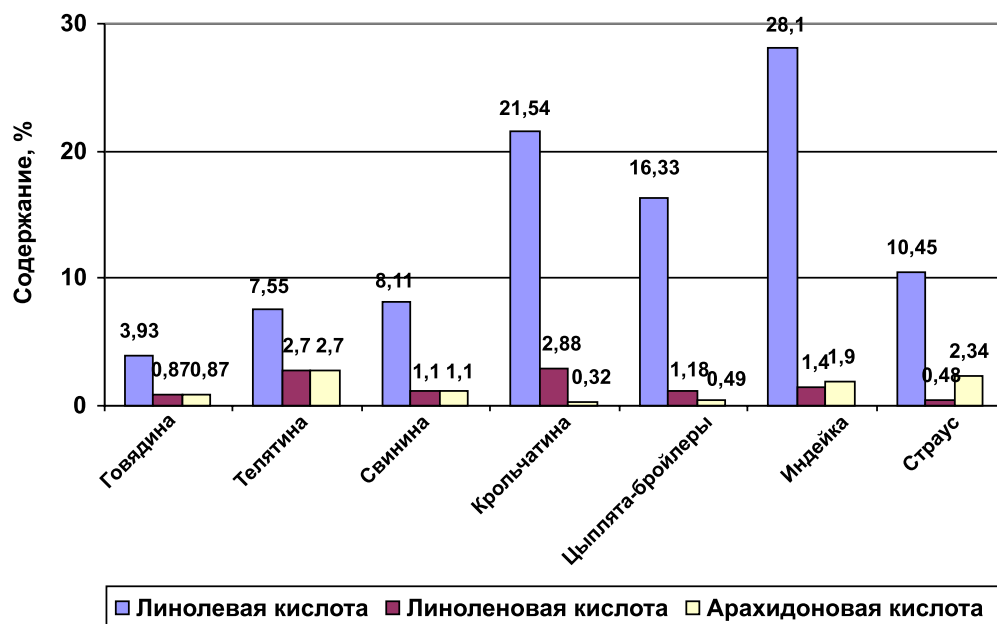


Рис. 3. Показатель утилитарности незаменимых аминокислот различных видов мясного сырья (часть 2)

Fig. 3. Indicator of utility of irreplaceable amino acids of different types of meat raw materials (Part 2)

Определение показателя избыточности содержания незаменимых аминокислот, который для «идеального» белка равен 0, показало, что минимальную избыточность из исследуемых видов мясного сырья имеет говядина (5,76) и свинина (5,89). Немного большее значение показателя сопоставимой избыточности у мяса цыплят-бройлеров (7,83) и крольчатины (8,14). Более высокими значениями показателей сопоставимой избыточности по сравнению с исследуемыми видами мясного сырья характеризуются телятина (10,13), мясо индейки (11,37) и мясо страуса (13,89).

Установлено, что наиболее приближенным к эталону коэффициентом разбалансированности аминокислотного состава характеризуются говядина и свинина (0,14), а также крольчатина и мясо цыплят-бройлеров (0,18).

В результате анализа данных, представленных на рис. 2 и 3, определено, что по показателю утилитарности незаменимые аминокислоты исследуемых видов мясного сырья можно расположить в следующей убывающей последовательности:

- ♦ говядина: треонин (100 %) → валин (96,7 %) → лейцин (95,7 %) → изолейцин (93,2 %) → метионин+цистеин (85,4 %) → триптофан (78,9 %) → фенилаланин+тирозин (77,8 %) → лизин (69,6 %);

- ♦ телятина: метионин+цистеин (100 %) → лейцин (88,1 %) → треонин (85,7 %) → валин (79,9 %) → фенилаланин+тирозин (75,4 %) → изолейцин (74,0 %) → триптофан (72,5 %) → лизин (61,0 %);

- ♦ свинина: метионин+цистеин (100 %) → лейцин (94,8 %) → валин (91,9 %) → треонин (87,6 %) → изолейцин (85,8 %) → фенилаланин+тирозин (83,5 %) → триптофан (79,2 %) → лизин (70,7 %);

- ♦ крольчатина: валин (100 %) → изолейцин (99,1 %) → метионин+цистеин (98,4 %) → треонин (94,6 %) → лейцин (86,7 %) → фенилаланин+тирозин (81,1 %) → триптофан (65,0 %) → лизин (53,4 %);

- ♦ мясо цыплят-бройлеров: валин (100 %) → изолейцин (96,4 %) → лейцин, метионин+цистеин (91,4 %) → треонин (83,6 %) → фенилаланин+тирозин (80,6 %) → лизин (59,4 %) → триптофан (58,8 %);

- ♦ мясо индейки: метионин+цистеин (100 %) → валин (97,2 %) → треонин (81,2 %) → изолейцин, лейцин, фенилаланин+тирозин (76,2 %) → триптофан (57,1 %) → лизин (56,5 %);

- ♦ мясо страуса: валин (100 %) → метионин+цистеин (98,5 %) → треонин (80,0 %) → лейцин (78,7 %) → изолейцин (73,5 %) → фенилаланин+тирозин (72,0 %) → триптофан (69,2 %) → лизин (45,0 %).

На основании проведенных расчетов установлено, что по показателю утилитарности аминокислот с разветвленной цепью, крайне важных для повышения иммунитета, исследуемые виды мясного сырья можно расположить в следующей убывающей последовательности:

- ♦ по изолейцину: крольчатина (99,1 %) → мясо цыплят-бройлеров (96,4 %) → говядина (93,2 %) → свинина (85,8 %) → мясо индейки (76,2 %) → телятина (74,0 %) → мясо страуса (73,5 %);
- ♦ по лейцину: говядина (95,7 %) → свинина (94,8 %) → мясо цыплят-бройлеров (91,4 %) → телятина (88,1 %) → крольчатина (86,7 %) → мясо страуса (78,7 %) → мясо индейки (76,2 %);
- ♦ по валину: крольчатина, мясо цыплят-бройлеров, мясо страуса (100 %) → мясо индейки (97,2 %) → говядина (96,7 %) → свинина (91,9 %) → телятина (79,9 %).

Известно, что биологическая ценность мясного сырья во многом определяется наличием в нем незаменимых компонентов – полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК), которые, подобно аминокислотам и витаминам, не могут синтезироваться в организме и должны обязательно поступать с пищей [20, 25].

Содержание линолевой, линоленовой и арахидоновой кислоты в различных видах мясного сырья представлено на рис. 4.

Сравнительный анализ содержания линолевой кислоты в мясе различных видов животных показал, что индейка превосходит все остальные виды мясного сырья по содержанию данного нутриента (28,1 % от суммы жирных кислот). Значительное количество линолевой кислоты содержится также в крольчатине и мясе цыплят-бройлеров (21,54 % и 16,33 % от суммы жирных кислот соответственно). Немного уступает вышеперечисленным видам мясного сырья мясо страуса (10,45 % от суммы жирных кислот), затем следует свинина и телятина (8,11 % и 7,55 % соответственно). Самое низкое содержание линолевой кислоты в говядине – 3,93 % от суммы жирных кислот.

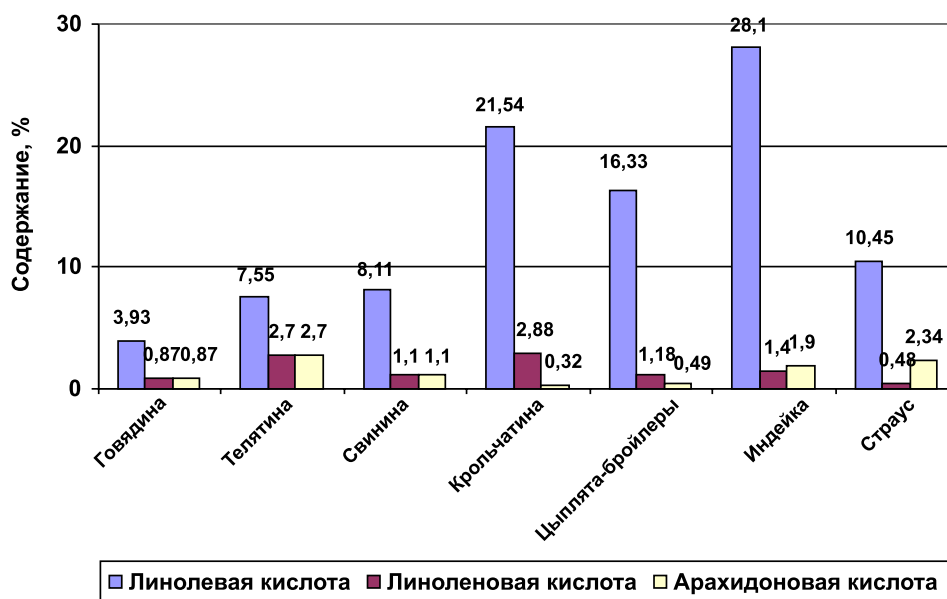


Рис. 4. Содержание полиненасыщенных жирных кислот в различных видах мясного сырья  
 Fig. 4. Content of polyunsaturated fatty acids in different types of meat raw materials

Из анализа данных по содержанию линоленовой кислоты в мясе различных видов животных следует, что самое высокое ее содержание в крольчатине и телятине (2,88 % и 2,70 % от суммы жирных кислот соответственно). Затем по содержанию линоленовой кислоты следуют индейка, мясо цыплят-бройлеров и свинина (1,4 %, 1,18 % и 1,1 % от суммы жирных кислот соответственно). Немного меньше данной кислоты в говядине (0,87 % от суммы жирных кислот), а самое низкое содержание – в мясе страуса (0,48 % от суммы жирных кислот).

Сравнительный анализ содержания арахидоновой кислоты в мясе различных видов животных показал, что больше всего ее содержится в телятине и мясе страуса (2,70 % и 2,34 % от суммы жирных кислот соответственно). Значительное количество арахидоновой кислоты содержится также в индейке (1,9 % от суммы жирных кислот). Несколько меньшим содержанием данной кислоты отличается свинина и говядина (1,1 % и 0,87 % от суммы жирных кислот соответственно). Самое низкое

содержание арахидоновой кислоты в крольчатине и мясе цыплят-бройлеров – 0,32 % и 0,49 % от суммы жирных кислот соответственно.

Сбалансированность мясного сырья определяется не только количественным и качественным составом аминокислот, но также составом и свойствами липидов [20].

Жирнокислотную сбалансированность различных видов мясного сырья оценивали по соотношению  $\omega 6/\omega 3$  жирных кислот, а также по соотношению сумм полиненасыщенных жирных кислот, мононенасыщенных жирных кислот (МНЖК), насыщенных жирных кислот (НЖК) (табл. 4).

Т а б л и ц а 4. **Жирнокислотная сбалансированность различных видов мясного сырья**  
Table 4. **Fatty-acid balance of different types of meat raw materials**

Массовая доля жирных кислот, % от суммы жирных кислот	Говядина	Телятина	Свинина	Крольчатина
Насыщенные жирные кислоты	48,47	43,24	38,68	39,23
Мононенасыщенные жирные кислоты	45,85	40,54	51,26	36,03
Полиненасыщенные жирные кислоты, в т.ч.	5,68	16,22	10,06	24,74
линолевая ( $\omega 6$ )	3,93	7,55	8,11	21,54
линоленовая ( $\omega 3$ )	0,87	2,70	1,10	2,88
арахидоновая	0,87	2,70	1,10	0,32
Соотношение $\omega 6/\omega 3$	4,5:1	2,8:1	7,4:1	7,5:1
ПНЖК : МНЖК : НЖК	1:8,1:8,5	1:2,5:2,7	1:5,1:3,9	1:1,5:1,6
(ПНЖК+МНЖК) : НЖК	1,1	1,3	1,6	1,6

Окончание таблицы 4  
Termination of table 4

Массовая доля жирных кислот, % от суммы жирных кислот	Цыплята-бройлеры	Индейка	Страус
Насыщенные жирные кислоты	32,53	34,60	46,41
Мононенасыщенные жирные кислоты	50,91	34,40	39,81
Полиненасыщенные жирные кислоты, в т.ч.	18,39	31,40	13,77
линолевая( $\omega 6$ )	16,33	28,10	10,45
линоленовая ( $\omega 3$ )	1,18	1,40	0,48
арахидоновая	0,49	1,90	2,34
Соотношение $\omega 6/\omega 3$	13,8:1	20,1:1	21,8:1
ПНЖК : МНЖК : НЖК	1:2,8:1,8	1:1,1:1,1	1:2,9:3,4
(ПНЖК+МНЖК) : НЖК	2,1	1,9	1,2

Анализ жирнокислотного состава показал, что по соотношениям  $\omega 6/\omega 3$  наиболее сбалансированы крольчатина (7,5 : 1) и свинина (7,4 : 1), по соотношению ПНЖК : МНЖК : НЖК – свинина (1 : 5,1 : 3,9), а по соотношению (ПНЖК + МНЖК) : НЖК – мясо цыплят-бройлеров (2,1) и индейки (1,9).

Установлено, что наиболее высоким содержанием полиненасыщенных жирных кислот, играющих важную роль для повышения иммунитета, характеризуются индейка и крольчатина (31,40 и 24,74 %), которые также отличаются значительным количеством линолевой кислоты – 28,10 и 21,54 % от суммы жирных кислот соответственно.

Определено, что в свинине и мясе цыплят-бройлеров содержится 51,26 и 50,91 % мононенасыщенных жирных кислот, что превышает другие виды исследуемого мясного сырья на 5,06–16,86 %. Следует отметить, что самое низкое содержание насыщенных жирных кислот в мясе цыплят-бройлеров и индейке – 32,53 и 34,60 % от суммы жирных кислот соответственно.

#### Заключение.

Результаты сравнительного анализа биологической ценности различных видов мясного сырья показали, что говядина, крольчатина, мясо цыплят-бройлеров, индейка, телятина, мясо страусов характеризуются высоким содержанием белка (18,5–21,7 %), низким содержанием жира (1,2–16,1 %), высокими значениями минимальных аминокислотных скоров (90,0–104,0 %), белкового качествен-

ного показателя (0,91–1,64), индекса незаменимых аминокислот (1,16–1,25), коэффициентов утилитарности аминокислотного состава (0,72–0,86) и приближенным к оптимальному жирнокислотным составом. Данные виды мясного сырья рекомендуется использовать при производстве мясных изделий иммуномодулирующей направленности.

#### Список использованных источников

1. Антипова, Л.В. Методы исследования мяса и мясных продуктов : учебник / Л.В. Антипова, И.А. Глотова, И.А. Рогов ; ред. Н.В. Куркина. – М. : Колос, 2001. – 571 с.
2. Заикина, Н.А. Основы иммунитета: Текст лекций / Ленингр. хим.-фармац. ин-т, Каф. микробиологии. – Л. : ЛХФИ, 1990. – 51 с.
3. Земсков, А.М. Комбинированная иммунокоррекция / А.М. Земсков, А.В. Караулов, В.М. Земсков. – М. : Наука, 1994. – 260 с.
4. Кацерикова, Н.В. Технология продуктов функционального питания: Учебное пособие. / Н.В. Кацерикова // Кемеровский технологический институт пищевой промышленности. – Кемерово, 2004. – 146 с.
5. Комплексная методология проектирования и организация производства пищевых продуктов общего, профилактического и лечебного назначения / И.А. Рогов [и др.]. – М. : МГУПБ, 2000. – 109 с.
6. Конь, И.Я. Современные принципы рационального питания здоровых детей первого года жизни / И.Я. Конь // Детский доктор. – 1999. – № 5. – С. 40–46.
7. Кригер-Меттбах, Б. Возрождение рынка говядины / Б. Кригер-Меттбах // Новое мяс. дело. – 2008. – № 5. – С. 12–15.
8. Кузнецова, Т.А. Коррекция нарушений иммунитета и гемостаза биополимерами из морских гидробионтов (экспериментальные и клинические аспекты) : дис. ... д-ра мед. наук : 14.00.36 / Т.А. Кузнецова. – Москва, 2009. – 296 с.
9. Кузьмичев, В.Ю. Мясо страусов в производстве мясных продуктов / В.Ю. Кузьмичев, В.С. Колодяжная // Мяс. технологии. – 2008. – № 5. – С. 64–68.
10. Ладодо, К.С. Руководство по лечебному питанию детей / К.С. Ладодо. – М. : Медицина, 2000. – 384 с.
11. Липатов, Н.Н. Перспективы совершенствования качества продуктов питания для детей / Н.Н. Липатов, Г.Ю. Сажинов // Вестн. Рос. акад. с.-х. наук. – 2001. – № 1. – С. 25–27.
12. Липатов, Н.Н. Предпосылки компьютерного проектирования продуктов и рационов питания с задаваемой пищевой ценностью / Н.Н. Липатов // Хранение и переработка сельхозсырья. – 1995. – № 3. – С. 4–9.
13. Липатов, Н.Н. Совершенствование методики проектирования биологической ценности пищевых продуктов / Н.Н. Липатов, А.Б. Лисицын, С.Б. Юдина // Хранение и переработка сельхозсырья. – 1996. – № 2. – С. 24–25.
14. Лободин, В.Т. Формула здоровья: доступно об иммунитете. В чем причина болезней? / В.Т. Лободин. – Изд. дом «Нев. проспект», 1999. – СПб. – 186 с.
15. Мартинчик, А.Н. Общая нутрициология : учеб. пособие / А.Н. Мартинчик, И.В. Маев, О.О. Янушевич. – М. : МЕДпресс-информ, 2005. – 392 с.
16. Мокеева, Е.Г. Иммунные дисфункции и их профилактика у высококвалифицированных спортсменов : дис. ... д-ра мед. наук : 14.00.36 / Е.Г. Мокеева. – Санкт-Петербург, 2009. – 168 с.
17. Научные основы здорового питания / В.А. Тутельян [и др.]. – М. : Издательский дом «Панорама», 2010. – 816 с.
18. Пищевая химия : учебник / А.П. Нечаев [и др.] ; под ред. А.П. Нечаева. – 3-е изд., испр. – СПб. : ГИОРД, 2004. – 632 с.
19. Позняковский, В.М. Экспертиза мяса и мясопродуктов / В.М. Позняковский. – Новосибирск : Изд-во Новосиб. ун-та, 2001. – 526 с.
20. Позняковский, В.М. Экспертиза мяса птицы, яиц и продуктов их переработки. Качество и безопасность : учеб.-справ. пособие / В.М. Позняковский, О.А. Рязанова, К.Я. Мотовилов ; под общ. ред. В.М. Позняковского. – Новосибирск : Сиб. унив. изд-во, 2005. – 216 с.

21. Рисман, М. Биологически активные пищевые добавки: неизвестное об известном : 100 % природы : справочник / М. Рисман ; пер. с англ. М.А. Новицкой, А.М. Славиной. – М. : Арт-Бизнес-Центр, 1998. – 489 с.
22. Санитарные нормы и правила «Требования к питанию населения: нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Республики Беларусь» [Электронный ресурс] : утв. постановлением М-ва здравоохранения Респ. Беларусь, 20 ноября 2012 г., № 180 // КонсультантПлюс. Беларусь / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2019.
23. Синяков, А.Ф. Укрепляем иммунитет: как защитить себя от болезней / А.Ф. Синяков – Москва: Эксмо, 2008. – 284 с.
24. Солодков, А.С. Физиология человека. Общая. Спортивная. Возрастная : учебник / А.С. Солодков, Е.Б. Сологуб. – Изд. 2-е, испр. и доп. – М. : Олимпия Пресс, 2005. – 528 с.
25. Суздальский, Р.С. Иммунологические аспекты спортивной деятельности человека / Р.С. Суздальский, В.А. Левандо // Теория и практика физ. культуры. – 1998. – № 10. – С. 43–46.
26. Тихомирова, Н.А. Технология продуктов функционального питания / Н.А. Тихомирова. – М. : Франтера, 2002. – 213 с.
27. Устинова, А.В. Мясо страуса в пищевых продуктах / А.В. Устинова, Д.А. Лазутин // Пищевая пром-сть. – 2008. – № 3. – С. 52–53.
28. Физиология человека : учебник / под ред. В.М. Смирнова. – М. : Медицина, 2002. – 608 с.
29. Фокс, А. Иммунитет на всю жизнь / Арнольд Фокс, Бэрри Фокс. – Москва : Бином. – Санкт-Петербург: Золотой век, 1996. – 285 с.
30. Химический состав и энергетическая ценность пищевых продуктов : справочник МакКанса и Уиддоусона / пер. с англ. 6-го изд. ; под общ. ред. А.К. Батурина. – СПб. : Профессия, 2006. – 416 с.
31. Хофман, И. Иммунная система: Мобилизация внутр. сил: Пер. с нем. / Инге Хофман, Арнольд Хильгерс. – СПб. : Весь, 2003. – 180 с.
32. Хочешь выжить? Укрепляй иммунитет!: мед, витамины, адаптогены, фитонциды, чай / составитель М.Борисова. – Москва: АСТ. – Санкт-петербург : Сова, 2005. – 271 с.
33. Шаззо, Р.И. Функциональные продукты питания / Р.И. Шаззо, Г.И. Касьянов. – М. : Колос, 2000. – 247 с.
34. Шендеров, Б.А. Продукты функционального питания: современное состояние и перспективы их использования в восстановительной медицине / Б.А. Шендеров, А.И. Труханов // Вестн. восстанов. медицины. – 2002. – № 1. – С. 38–42.

### References

1. Antipova, L.V. Metody issledovaniya myasa i myasnyh produktov : uchebnik / L.V. Antipova, I.A. Glotova, I.A. Rogov ; red. N.V. Kurkina. – М. : Kolos, 2001. – 571 s.
2. Zaikina, N.A. Osnovy immuniteta: Tekst lekcij / Leningr. him.-farmac. in-t, Kaf. mikrobiologii. – L. : LHFI, 1990. – 51 s.
3. Zemskov, A.M. Kombinirovannaya immunokorrekcija / A.M. Zemskov, A.V. Karaulov, V.M. Zemskov. – М. : Nauka, 1994. – 260 s.
4. Kacerikova, N.V. Tekhnologiya produktov funkcional'nogo pitaniya: Uchebnoe posobie. / N.V. Kacerikova // Kemerovskij tekhnologicheskij institut pishchevoj promyshlennosti. – Kemerovo, 2004. – 146 s.
5. Kompleksnaya metodologiya proektirovaniya i organizaciya proizvodstva pishchevyh produktov obshchego, profilakticheskogo i lechebnogo naznacheniya / I.A. Rogov [i dr.]. – М. : MGUPB, 2000. – 109 s.
6. Kon', I.YA. Sovremennye principy racional'nogo pitaniya zdorovyh detej pervogo goda zhizni / I.YA. Kon' // Detskij doktor. – 1999. – № 5. – S. 40–46.
7. Kriger-Mettbah, B. Vozrozhdenie rynka govyadiny / B. Kriger-Mettbah // Novoe myas. delo. – 2008. – № 5. – S. 12–15.

8. Kuznecova, T.A. Korrekciya narushenij immuniteta i gemostaza biopolimerami iz morskikh gidrobiontov (ehksperimental'nye i klinicheskie aspekty) : dis. ... d-ra med. nauk : 14.00.36 / T.A. Kuznecova. – Moskva, 2009. – 296 s.
9. Kuz'michev, V.Yu. Myaso strausov v proizvodstve myasnyh produktov / V.Yu. Kuz'michev, V.S. Kolodyaznaya // Myas. tekhnologii. – 2008. – № 5. – S. 64–68.
10. Ladodo, K.S. Rukovodstvo po lechebnomu pitaniyu detej / K.S. Ladodo. – M. : Medicina, 2000. – 384 s.
11. Lipatov, N.N. Perspektivy sovershenstvovaniya kachestva produktov pitaniya dlya detej / N.N. Lipatov, G.Yu. Sazhinov // Vestn. Ros. akad. s.-h. nauk. – 2001. – № 1. – S. 25–27.
12. Lipatov, N.N. Predposylki komp'yuternogo proektirovaniya produktov i racionov pitaniya s zadavaemoj pishchevoj cennost'yu / N.N. Lipatov // Hranenie i pererabotka sel'hozsyr'ya. – 1995. – № 3. – S. 4–9.
13. Lipatov, N.N. Sovershenstvovanie metodiki proektirovaniya biologicheskoy cennosti pishchevyh produktov / N.N. Lipatov, A.B. Lisicyn, S.B. Yudina // Hranenie i pererabotka sel'hozsyr'ya. – 1996. – № 2. – S. 24–25.
14. Lobodin, V.T. Formula zdorov'ya: dostupno ob immunitete. V chem prichina boleznej? / V.T. Lobodin. – Izd. dom «Nev. prospekt», 1999. – SPb. – 186 s.
15. Martinchik, A.N. Obshchaya nutriciologiya : ucheb. posobie / A.N. Martinchik, I.V. Maev, O.O. YAnushevich. – M. : MEDpress-inform, 2005. – 392 s.
16. Mokeeva, E.G. Immunnye disfunkcii i ih profilaktika u vysokokvalificirovannyh sportsmenov : dis. ... d-ra med. nauk : 14.00.36 / E.G. Mokeeva. – Sankt-Peterburg, 2009. – 168 s.
17. Nauchnye osnovy zdorovogo pitaniya / V.A. Tutel'yan [i dr.]. – M. : Izdatel'skij dom «Panorama», 2010. – 816 s.
18. Pishchevaya himiya : uchebnyk / A.P. Nechaev [i dr.] ; pod red. A.P. Nechaeva. – 3-e izd., ispr. – SPb. : GIOR, 2004. – 632 s.
19. Poznyakovskij, V.M. EHkspertiza myasa i myasoproduktov / V.M. Poznyakovskij. – Novosibirsk : Izd-vo Novosib. un-ta, 2001. – 526 s.
20. Poznyakovskij, V.M. EHkspertiza myasa pticy, yaic i produktov ih pererabotki. Kachestvo i bezopasnost' : ucheb.-sprav. posobie / V.M. Poznyakovskij, O.A. Ryazanova, K.Ya. Motovilov ; pod obshch. red. V.M. Poznyakovskogo. – Novosibirsk : Sib. univ. izd-vo, 2005. – 216 s.
21. Risman, M. Biologicheski aktivnye pishchevye dobavki: neizvestnoe ob izvestnom : 100 % prirody : spravochnik / M. Risman ; per. s angl. M.A. Novickoj, A.M. Slavinoj. – M. : Art-Biznes-Centr, 1998. – 489 s.
22. Sanitarnye normy i pravila «Trebovaniya k pitaniyu naseleniya: normy fiziologicheskikh potrebnostej v ehnergii i pishchevyh veshchestvah dlya razlichnyh grupp naseleniya Respubliki Belarus'» [EHlektronnyj resurs] : utv. postanovleniem M-va zdavoohraneniya Resp. Belarus', 20 noyabrya 2012 g., № 180 // Konsul'tantPlyus. Belarus' / OOO «YUrSpektr», Nac. centr pravovoj inform. Resp. Belarus'. – Minsk, 2019.
23. Sinyakov, A.F. Ukreplyaem immunitet: kak zashchitit' sebya ot boleznej / A.F. Sinyakov – Moskva: EHksmo, 2008. – 284 s.
24. Solodkov, A.S. Fiziologiya cheloveka. Obshchaya. Sportivnaya. Vozrastnaya : uchebnyk / A.S. Solodkov, E.B. Sologub. – Izd. 2-e, ispr. i dop. – M. : Olimpiya Press, 2005. – 528 s.
25. Suzdal'skij, P.C. Immunologicheskie aspekty sportivnoj deyatel'nosti cheloveka / P.C. Suzdal'skij, V.A. Levando // Teoriya i praktika fiz. kul'tury. – 1998. – № 10. – S. 43–46.
26. Tihomirova, N.A. Tekhnologiya produktov funkcional'nogo pitaniya / H.A. Tihomirova. – M. : Frantera, 2002. – 213 s.
27. Ustinova, A.V. Myaso strausa v pishchevyh produktah / A.V. Ustinova, D.A. Lazutin // Pishchevaya prom-st'. – 2008. – № 3. – S. 52–53.
28. Fiziologiya cheloveka : uchebnyk / pod red. V.M. Smirnova. – M. : Medicina, 2002. – 608 s.
29. Foks, A. Immunitet na vsyu zhizn' / Arnol'd Foks, Behrri Foks. – Moskva: Binom. – Sankt-Peterburg: Zolotoj vek, 1996. – 285 s.



30. Himicheskiy sostav i ehnergeticheskaya cennost' pishchevyh produktov : spravochnik MakKansa i Uiddousona / per. s angl. 6-go izd. ; pod obshch. red. A.K. Baturina. – SPb. : Professiya, 2006. – 416 s.
31. Hofman, I. Immunnaya sistema: Mobilizatsiya vnutr. sil: Per. s nem. / Inge Hofman, Arnol'd Hil'gers. – SPb. : Ves', 2003. – 180 s.
32. Hochesh' vyzhit'? Ukreplyaj immunitet!: med, vitaminy, adaptogeny, fitoncidy, chai / sostavitel' M.Borisova. – Moskva: ACT. – Sankt-peterburg : Sova, 2005. – 271 s.
33. Shazzo, R.I. Funkcional'nye produkty pitaniya / R.I. Shazzo, G.I. Kas'yanov. – M. : Kolos, 2000. – 247 s.
34. Shenderov, B.A. Produkty funkcional'nogo pitaniya: sovremennoe sostoyanie i perspektivy ih ispol'zovaniya v vosstanovitel'noj medicine / B.A. Shenderov, A.I. Truhanov // Vestn. vosstanov. mediciny. – 2002. – № 1. – S. 38–42.

#### Информация об авторах

*Мелещенко Алексей Викторович* – кандидат экономических наук, доцент, директор РУП «Институт мясо-молочной промышленности» (пр. Партизанский, 172, 220075, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: meat-dairy@tut.by

*Савельева Тамара Александровна* – кандидат ветеринарных наук, доцент, ученый секретарь РУП «Институт мясо-молочной промышленности» (пр. Партизанский, 172, 220075, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: t.savelyeva@tut.by

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

*Калтович Ирина Васильевна* – кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник отдела технологий мясных продуктов РУП «Институт мясо-молочной промышленности» (пр. Партизанский, 172, 220075, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: irina.kaltovich@inbox.ru

#### Information about authors

*Meleshchenya Alexey V.* – PhD in economic sciences, Assistant professor, Director of RUE “Institute of the meat-and-milk industry” (172, Partizansky Ave., 220075, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: meat-dairy@tut.by

*Savelyeva Tamara A.* – PhD in veterinary sciences, Assistant professor, scientific secretary of RUE “Institute of the meat-and-milk industry” (172, Partizansky Ave., 220075, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: t.savelyeva@tut.by

*Gordynets Svetlana A.* – PhD in agricultural sciences, Head of Department of technologies of meat products of RUE “Institute of the meat-and-milk industry” (172, Partizansky Ave., 220075, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: otmp210@mail.ru

*Kaltovich Irina V.* – PhD in technical sciences, senior research associate of department of technologies of meat products of RUE “Institute of the meat-and-milk industry” (172, Partizansky Ave., 220075, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: irina.kaltovich@inbox.ru

УДК 637.026

Поступила в редакцию 13.11.2018  
Received 13.11.2018**О.В. Дымар<sup>1</sup>, М.Р. Яковлева<sup>2</sup>, А. Меркель<sup>3</sup>**<sup>1</sup>*РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию»,  
г. Минск, Республика Беларусь*<sup>2</sup>*Учреждение образования «Могилевский государственный университет продовольствия»,  
г. Могилёв, Республика Беларусь*<sup>3</sup>*«MemBrain s.r.o.», г. Страж под Ральском, Чешская Республика*

## **ИЗУЧЕНИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ СКОРОСТИ ДЕМИНЕРАЛИЗАЦИИ КИСЛОЙ СЫВОРОТКИ ОТ ИЗМЕНЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ ПРОЦЕССА**

**Аннотация.** Переработка вторичного сырья, а в частности сыворотки, является одним из ключевых направлений разработок в молочной промышленности. Кислая творожная сыворотка требует более тщательной обработки в сравнении со сладкой подсырной сывороткой. Для её обработки применяют различные мембранные технологии. В работе исследован процесс деминерализации кислой творожной сыворотки на электродиализной установке. Проведены испытания при подаче различного напряжения на электроды электродиализной установки. В ходе опытов установлено, что между проводимостью продукта и содержанием молочной кислоты существует прямая корреляция. Определен уровень напряжения процесса, который обеспечивает максимальную производительность оборудования. Получены и исследованы данные исходного сырья и конечного продукта, такие как: активная и титруемая кислотность, проводимость, общее содержание сухих веществ, зольность, содержание лактозы и лактатов. По результатам были рассчитаны такие показатели как: транспорт солей через мембрану, продуктовая нагрузка на мембрану и удельное потребление электроэнергии.

**Благодарности:** Данная работа выполнена при поддержке Министерства образования молодежи и спорта Чешской Республики [проект № LO1418], Инновационного отдела Мембранного Инновационного Центра, на базе Мембранного Инновационного Центра.

**Ключевые слова:** кислая сыворотка, электродиализ, напряжение, деминерализация

**O.V. Dymar<sup>1</sup>, M.R. Yakovleva<sup>2</sup>, A. Merkel<sup>3</sup>**<sup>1</sup>*RUE “Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus”,  
Minsk, Republic of Belarus*<sup>2</sup>*Educational institution «Mogilev state University of food», Mogilev, Republic of Belarus*<sup>3</sup>*«MemBrain s.r.o.», Straz pod Ralskem, Czech Republic*

## **STUDYING OF INTERRELATION OF THE RATE OF DEMINERALIZATION OF ACID MILK SERUM FROM CHANGES IN THE VOLTAGE OF THE PROCESS**

**Abstract.** Nowadays the processing of secondary dairy raw materials has increased because of risen dairy manufacturing. The most prevalent milk by-product is whey. But using of whey is inhibited by its acidity. One of the modern way to neutralize the acidity of curd cheese whey is electrodialysis. In this work the process of demineralization of acid curd whey on an electrodialysis unit is investigated. During the experiments it was found that there is a direct correlation between the conductivity of the product and the content of lactic acid. The level of the process voltage is determined, which ensures the maximum performance of the equipment.

**Acknowledgements:** This work was supported by the program of Ministry of Youth Education and Sports of the Czech Republic [project No. LO1418]; Progressive department of Membrane Innovation Centre using the infrastructure of the Membrane Innovation Centre.

**Keywords:** electrodialysis, acidic whey, demineralization, voltage

**Введение.** Уже давно переработка подсырной сыворотки на молокоперерабатывающих предприятиях Беларуси превратилась из «экологической повинности» в высокодоходный бизнес. Технологически успешно освоены современные технологии ее сбора и первичной переработки, нанофильтрации для предварительного концентрирования и частичной деминерализации. Однако все это так пока мы не касаемся переработки сложных видов сыворотки: творожной, казеиновой, подсырной соленой. Этим видом сыворотки в республике суммарно производится примерно 1/3. В рамках реализации «Программы переработки молочной сыворотки и производства сухих молочных продуктов в Республике Беларусь на 2008-2010» совместная работа ученых и специалистов предприятий позволила системно подойти к проблеме и достигнуть значительных результатов в разработке и внедрении технологий переработки любых видов сыворотки. Это стало возможным во многом благодаря внедрению технологии деминерализации путем электродиализа. При этом мы опирались на фундаментальные результаты работ Храмцова А.Г., Гаврилова Г.Б., Евдокимова И.А., Мельниковой Е.И. и других ученых, работавших в направлении развития технологий комплексной переработки молочного сырья [1–6]. Вместе с тем, осталось не изученным влияние изменения рабочего напряжения на установке на производительность процесса.

**Цель работы, задачи.** Исследовать влияние изменения рабочего напряжения в электродиализной установке на процесс деминерализации кислой творожной сыворотки.

В процессе исследования были решены некоторые задачи:

1. Определить влияние рабочего напряжения на изменение титруемой кислотности сыворотки в ходе деминерализации.

2. Установить влияние изменения напряжения на скорость проведения процесса.

**Материалы, оборудование, методы:**

Исследования проводились на базе лаборатории MemBrain s.r.o., (Страж под Ральском, Республика Чехия).

Процесс проводился на экспериментальной установке EDR-Z/10-0.8. Активная кислотность продукта и рабочих сред – pH и проводимость растворов измерялась при помощи стеклянного электрода SenTix® 940 и TetraCon 925 электрода соответственно. Электрод измерения проводимости оснащен датчиком температуры.

Титрование осуществлялось при помощи Titroline Alpha Plus (Schott instrument, Germany). Титруемая кислотность определяется по методу Сокслета-Хенкеля. Содержание лактозы определено поляриметром (Kryss Optronic, Germany). Оптически активные соединения кроме лактозы были предварительно удалены осаждением путем добавления ферроцианида калия и цинка и последующей фильтрацией.

Реактивы, используемые в опыте ( $\text{NaNO}_3$ ,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{NaOH}$ ) относятся к аналитическому классу и произведены компанией Penta (Чешская Республика). Деминерализованная вода является продуктом MemBrain Ltd., (Страж под Ральском), изготовлена при помощи обратного осмоса ( $k < 10 \mu\text{S}/\text{cm}$ ). Анион- и катионообменные смолы, используемые для производства мембран приобретены в Purolite (USA). Нанофильтрованная кислая сыворотка получена от производства творога молочной фабрики MADETA (Jindřichův Hradec, Czech republic).

Анионообменные (AM-Pes) и катионообменные (CM-Pes) мембраны являются промышленными мембранами, которые произведены на MemBrain Ltd. Гетерогенные мембраны были изготовлены экструдированием (прессованием) смеси ионообменных смол с полиэтиленовым гранулятом в заданном соотношении. Мембраны были усилены прессованием полипропиленовых волокон при температуре 135–175 °C и давлении 2,5–7,5 МПа для улучшения их химической и механической стабильности. Анионообменные мембраны содержат сульфат амидные группы, соединенные с четырехвалентным аммонием в качестве функциональных групп, а катионообменные содержат  $\text{R-SO}_3$  в качестве функциональной группы.

Для изучения электродиализной деминерализации использовали кислую сыворотку, полученную от производства творога со следующими начальными параметрами: pH 4,28 ед; проводимость 7,60 мС/см<sup>-1</sup>; кислотность 202,9 °Т; содержание лактозы 144,9 г/кг и лактатов 10606 мг/л. Процесс деминерализации осуществлялся при температуре  $20 \pm 3$  °C.

**Результаты исследования:** Исследования проводили при пяти уровнях напряжения, подаваемых на электроды: 10 В, 15 В, 20 В, 25 В, 30 В. Сила тока измерялась по показаниям штатного амперметра установки EDR-Z/10-0.8 и в ходе опытов колебалась в пределах 0,05–0,66 А. Процесс продолжался до достижения уровня деминерализации 90 %, что соответствует проводимости 0,75 мС/см до коррекции pH. При этом исходили из того, что влияние уровня деминерализации на электропро-

водность носит прямо пропорциональных характер, оперативный контроль возможно осуществлять по изменению электропроводности.

При электродиализе происходит перемещение заряженных частиц из продукта в концентрат посредством миграции ионов через ионообменные мембраны. Это приводит к снижению титруемой кислотности и проводимости в исходном растворе. Значение титруемой кислотности имеет высокий коэффициент корреляции с проводимостью в кислой сыворотке (рис. 1). Все функции хорошо аппроксимируются прямыми с коэффициентом угла наклона 25,2–26,7, лишь незначительно отлича-ясь в свободной переменной.  $R^2$  у всех уравнений выше чем 0,99.

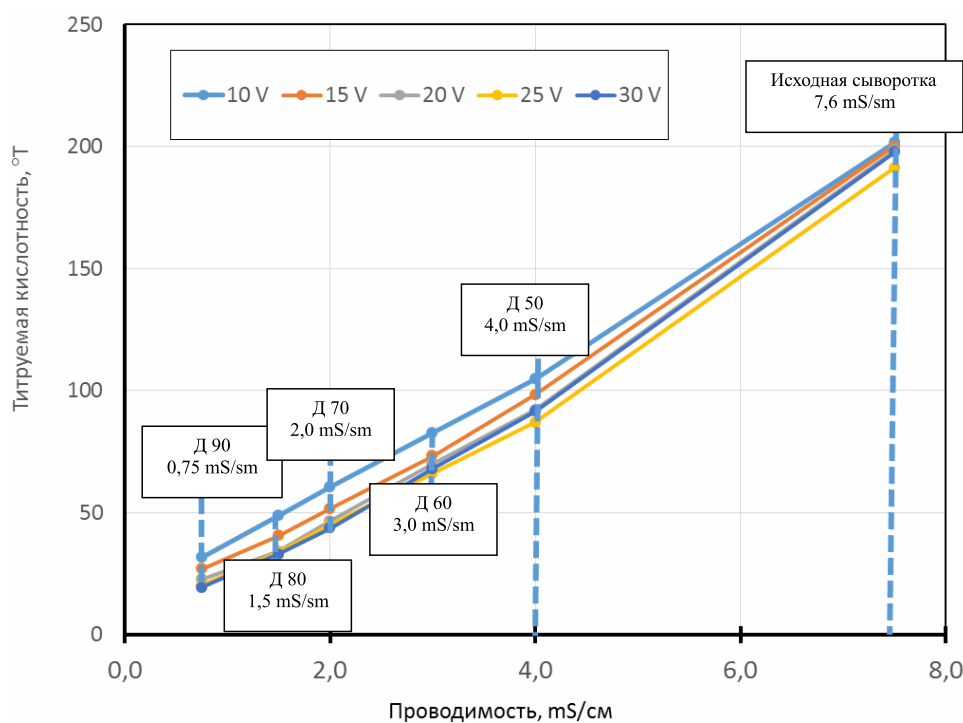


Рис. 1. Корреляция титруемой кислотности и проводимости творожной сыворотке в процессе деминерализации

Fig. 1. Correlation of titrated acidity and conductivity in curd cheese whey during the process of demineralization

В ходе эксперимента получен уровень деминерализации 91,4 % при этом процент удаления лактат-ионов из сыворотки составил 93,8 % (табл. 1). Что подтверждает высокую миграционную активность анионов молочной кислоты. Снижение содержания сухих веществ в продукте объясняется удалением из него, наряду с нативными солями сыворотки, большого количества молочной кислоты, получаемой при ферментировании смеси при получении творога. Незначительное, на уровне 1,4 % снижение содержания лактозы находится на уровне погрешности метода измерения и им можно пренебречь.

Таблица 1. Свойства сырья и готового продукта  
Table 1. Properties of feed and product

Показатель	Единица измерения	Кислая сыворотка	Продукт ЭД	% изменения
Активная кислотность	pH	4,28	5,15	—
Титруемая кислотность	°T	202,9	25,1	- 87,64
Проводимость	мС/см	7,60	0,67	- 91,2
Общее содержание сухих веществ	%	17,53	14,56	-16,94
Зола	%	1,41	0,12	- 91,4
Зола в сухом веществе	%	7,97	0,85	- 89,3
Лактоза	г/кг	144,9	142,9	- 1,38
Лактаты	г/кг	10,07	0,6284	- 93,8

В ходе опытов установлено, что наименьшее время, до достижения требуемого уровня деминерализации, при напряжении 20 В. По сравнению с 10 В время обработки сокращается на 39 %, по сравнению с 15 В на 22,5 %. Время обработки при 25 и 30 В примерно одинаково и оно на 15 % больше чем в при 20 В. (рис. 2).

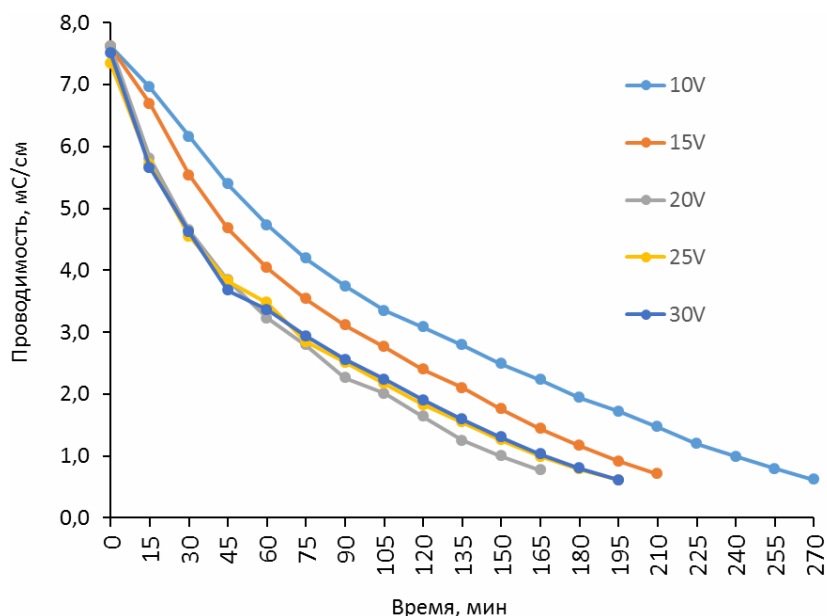


Рис. 2. Зависимость проводимости в творожной сыворотке в процессе деминерализации в зависимости от времени процесса

Fig. 2. Relation of conductivity in curd cheese whey during the process of demineralization depending on duration of the process

В процессе деминерализации значительно изменяется уровень активной кислотности обрабатываемого продукта (рис. 3) с рН 4,26–4,3 у исходной до рН 5,06–5,3 в конце процесса. Причем после достижения пика, в большинстве опытов наблюдается некоторое снижение показателя. Следует отметить, что при напряжении 10 В нарастание кислотности менее интенсивно и долгое время от начала процесс находится на одном уровне.

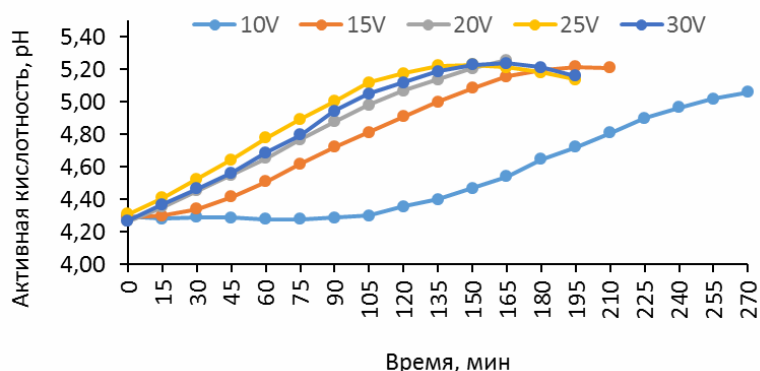


Рис. 3. Зависимость активной кислотности в творожной сыворотке в процессе деминерализации в зависимости от времени процесса

Fig. 3. Relation of active acidity in curd cheese whey in process of demineralization depending on duration of the process

При низких значениях напряжения (10 В и 15 В) нарастание силы тока занимает продолжительное время от начала процесса (рис. 4). Время нарастания тока порядка 30 мин, что составляет 10–15 % от всего времени процесса при этом напряжении и приводит к значительным потерям эффективной производительности процесса электродиализа по удалению минералов из продукта.

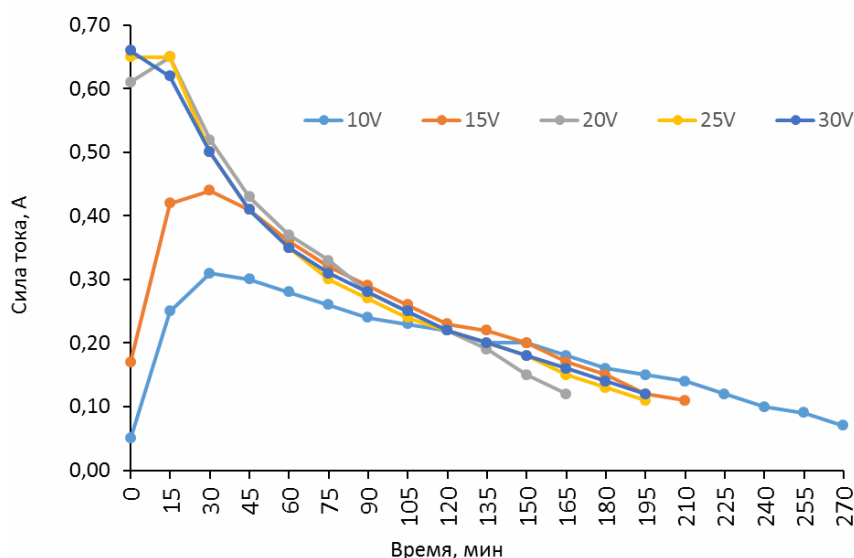


Рис. 4. Зависимость силы тока в процессе деминерализации творожной сыворотки в зависимости от времени процесса

Fig. 4. Relation of current in process of demineralization depending on duration of the process

Обработка полученных в ходе экспериментов данных показывает, что наибольшей эффективностью по основному критерию – удалению солей, показал опыт при напряжении 20 В. Дальнейшее увеличение напряжения, в данной серии опытов, не привело к сокращению времени обработки продукта до требуемой степени деминерализации. При этом эффективность использования полезной площади мембран по сравнению с напряжением 10 В вырастает на 60 %.

Таблица 2. Эффективность процесса деминерализации творожной сыворотки до уровня Д90  
Table 2. The efficiency of the process of demineralization of curd cheese whey to the D90 rate

Напряжение на электродах, В	Транспорт солей J, кг/(м <sup>2</sup> ·ч)	Продуктовая нагрузка на мембрану C <sub>F</sub> , кг/(м <sup>2</sup> ·ч)	Удельное потребление электроэнергии A <sub>F</sub> , Вт·ч/кг <sub>F</sub>
10	48,80	3,92	8,27
15	60,90	4,93	13,38
20	77,68	6,24	18,10
25	68,06	5,70	23,82
30	68,85	5,61	28,12

**Выводы:**

1. Установлено, что молочная кислота, находящаяся в сыворотке, удаляется в ходе процесса электролиза с одинаковой эффективностью независимо от напряжения процесса. Показано, что существует прямая корреляция между значением проводимости и остаточным содержанием молочной кислоты в процессе обработки. Это может быть использовано для систем контроля и управления работой оборудования.

2. Определено, что подача 20 В напряжения на электродах показывает наибольшую производительность установки. Использование этого уровня напряжения позволяет быстрее выйти на максимальную силу тока и обеспечить повышение уровня активной кислотности продукта к завершению процесса до значения 5,3 рН.

**Список использованных источников**

1. Храмцов, А.Г. Технология продуктов из молочной сыворотки: Учебное пособие / А.Г. Храмцов, П.Г. Нестеренко. – М. : ДеЛи принт, 2004. – 587 с.
2. Синельников, Е.М. Лактоза и её производные / Е.М. Синельников, А.Г. Храмцов. – СПб. : Профессия, 2007. – 768 с. ISBN 978-5-93913-137-7.

3. Мельникова, Е.И. Творожная сыворотка: опыт переработки и новые технологические решения: монография / Е.И. Мельникова, Е.Б. Станиславская, Л.В. Голубева. – Воронеж, 2009. – 236 с.
4. Харитонов, В.Д. Некоторые вопросы повышения эффективности производства молочных продуктов / В.Д. Харитонов, В.Г. Будрик // Техника и технология пищевых производств. – 2012. – № 3. – С. 128–131.
5. Евдокимов, И.А. Современные методы мембранной обработки молочной сыворотки на централизованном предприятии / И.А. Евдокимов / Переработка молока. – №4 (149). – 2012. – С. 34–36.
6. Гаврилов, Г.Б. Пути рационального использования сыворотки / Г.Б. Гаврилов, Э.Ф. Кравченко // Молочная промышленность. – 2012. – №7. – С. 47–49.
7. Дымар, О.В. Повышение эффективности переработки молочных ресурсов: научно-технологические аспекты. / О.В. Дымар. – Минск: Колорград, 2018. – 236 с.: ил. ISBN 978-985-596-077-6
8. Ильина, С.И. Электромембранные процессы / С.И. Ильина. – М. : РХТУ им. Менделеева, 2013. – 57 с.

### References

1. Khramtsov, A.G. Technology of products from whey: Textbook / AG. Khramtsov, P.G. Nesterenko. – Moscow: DeLi print, 2004. – 587 p.
2. Sinelnikov, E.M., Khramtsov, A.G. Lactose and its derivatives. – *SPb: Professiya* [SPb: The profession], 2007. – 768 p. ISBN 978-5-93913-137-7.
3. Melnikova, E.I. Curd whey: experience of processing and new technological solutions: monograph / E.I. Melnikova, E.B. Stanislavskaya, L.V. Golubeva. – Voronezh, 2009. – 236 p.
4. Kharitonov, V.D., Budrik, V.G. Some issues of improving the efficiency of dairy products. // *Technique and technology of food production*, Kemerovo, 2012. № 3, P.128-131.
5. Evdokimov, I.A. Modern Methods of Membrane Treatment of Milk Serum at a Centralized Enterprise // *Pererabotka moloka* [Dairy Processing]. – No. 4 (149). – 2012. – P. 34–36.
6. Gavrilov, G.B. Ways of rational use of serum / G.B. Gavrilov, E.F. Kravchenko // *Molochnaya promyshlennost: nauchno-tehnicheskiy i proizvodstvenny zhurnal* [Dairy industry: scientific technical and production journal]. – 2012. – N 7. – P. 47–49.
7. Dymar, O.V. Increasing the efficiency of processing dairy resources: scientific and technological aspects. / O.V. Dymar. – Minsk: Colorograd, 2018. – 236 p. : ill. ISBN 978-985-596-077-6
8. Ilyin, S.I. Electromembrane processes. – М. : RHTU them. Mendelejev, 2013. – 57 p.

### Информация об авторах

*Дымар Олег Викторович* – доктор технических наук, доцент, главный научный сотрудник РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию», технический директор представительства АО «MEGA a.s.», г. Минск, Республика Беларусь. E-mail: dymarov@tut.by

*Яковлева Мария Романовна* – студент учреждения образования «Могилевский государственный университет продовольствия» (пр. Шмидта, 3, 212027, г. Могилев, Республика Беларусь). E-mail: masha.yashka@gmail.com

*Меркель Артур* – научный сотрудник MemBrain s.r.o, г. Страж под Ральскем, Чешская Республика. E-mail: Arthur.Merkel@membrain.cz

### Information about authors

*Dymar Oleg V.* – ing., Ph.D, doctor of Technical sciences, assistant professor, Chief Researcher of RUE “Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus”, technical director in the representative office “MEGA a.s.” (Czech Republic) in the Republic of Belarus. E-mail: dymarov@tut.by

*Yakovleva Mariya R.* – student of Mogilev State University of food technologies (3, Schmidt Ave., 212027, Mogilev, Republic of Belarus). E-mail: masha.yashka@gmail.com

*Merkel Arthur* – engineer MemBrain s.r.o, Straz pod Ralskem, Czech Republic. E-mail: Arthur.Merkel@membrain.cz

УДК 637.045

Поступила в редакцию 15.07.2018  
Received 15.07.2018**В.С. Метель, И.К. Куликова, Г.С. Анисимов, И.А. Евдокимов***ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет»,  
г. Ставрополь, Российская Федерация***ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛИПЕПТИДНЫХ ФРАКЦИЙ ПЕРМЕАТА  
ОБЕЗЖИРЕННОГО МОЛОКА, ПОЛУЧЕННОГО МЕТОДОМ  
УЛЬТРАФИЛЬТРАЦИИ**

**Аннотация.** В статье рассмотрены основные пути образования пептидов в сыром обезжиренном молоке и степень перехода пептидов в пермеат при ультрафильтрационной обработке молока, приведен метод хроматографирования белковой и пептидной фракции, представлены результаты хроматографического исследования нативных молочных пептидов, находящихся в пермеате обезжиренного молока, полученного методом ультрафильтрации.

**Благодарности:** Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ, договор МОН 03.G25.31.0241.

**Ключевые слова:** молоко, пермеат, ультрафильтрация, пептиды, хроматография

**V.S. Metel, I.K. Kulikova, G.S. Anisimov, I.A. Evdokimov***North-Caucasus Federal University, Stavropol, Russia***INVESTIGATION OF POLYPEPTIDE FRACTIONS OF SKIM MILK  
PERMEATE OBTAINED BY ULTRAFILTRATION**

**Abstract.** The main ways of peptide formation in raw skim milk and the extent of peptides permeation in the ultrafiltration process are considered in the article. The method of chromatography of the protein and peptide fractions is described, the results of chromatographic studies of native milk peptides present in the permeate of skim milk obtained by ultrafiltration are presented.

**Acknowledgements:** The authors would like to acknowledge financial support of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation, contract MON 03.G25.31.0241.

**Keywords:** milk, permeate, ultrafiltration, peptides, chromatography

**Введение.** С увеличением покупательского спроса на продукты, богатые белком, начал развиваться и рынок молочных продуктов с фракционированным белковым составом. Особый интерес исследователей вызывают биологически активные пептиды молочных продуктов. Во всем мире проводится большое количество исследований, целью которых является выявление полезных свойств пептидов для здоровья человека. Уже доказаны функции пептидов в области здоровья и физиологии человека, они включают антигипертензивную, антимикробную, антиоксидантную, антитромботическую, опиоидную, антиаппетитную, иммуномодулирующую и минералосвязывающую активность [1, 2].

Биоактивные пептиды, полученные из различных белков молока, были рассмотрены многими исследователями [3, 4]. Биоактивные пептиды неактивны в последовательности исходного белка и могут выделяться тремя способами: (1) путем гидролиза нативными молочными протеиназами, (2) путем гидролиза белков протеолитическими микроорганизмами и (3) посредством действия вносимых протеолитических ферментов, полученных из микроорганизмов или растений [5]. В основном пептидный состав свежего молока представлен продуктами действия плазмينا. Содержание пептидной фракции в молоке в зависимости от активности плазмينا составляет от 0,5 до 1,8 г/л [6]. Наиболее чувствительны к плазмину  $\beta$ - и  $\alpha_2$ -казеины;  $\alpha_1$ -казеин гидролизуеться много медленнее, а  $\kappa$ -казеин устойчив к его действию,  $\alpha_3$ -казеин расщепляется плазмином с образованием фрагментов с молекулярной массой 20,5, 12,5, 10,3 кДа. Действие активного плазмينا на полипептидную цепь  $\beta$ -казеина, содержащую 209 аминокислотных остатков и 5 фосфатных групп, приводит к разрыву пептидных связей цепи Лиз<sub>28</sub> - Лиз<sub>29</sub>, Лиз<sub>105</sub> - Гис<sub>106</sub> и Лиз<sub>107</sub> - Глу<sub>108</sub> с образованием фрагментов  $\beta$ -казеина. Данные фрагменты — фос-



фопептиды (устаревшие названия - 5-я и 8-я фракции протеозопептонов),  $\gamma_1$ -,  $\gamma_2$ - и  $\gamma_3$ -казеины. Возможно образование пептидов при разрыве пептидных связей между 29- и 105-м, а также 29- и 107-м остатками  $\beta$ -казеина с образованием фрагментов с молекулярной массой 9,9 и 10,2 кДа. Продукты расщепления  $\beta$ -казеина могут обуславливать горький вкус молока, а при выработке белковых продуктов переходят в сыворотку, так как не денатурируют при обработке сычужным ферментом. Вместе с тем продукты распада  $\beta$ - и  $\alpha$ s-казеинов могут обладать высокой физиологической активностью [7]. В свежем молоке пептиды содержатся в незначительном количестве.

Во многих исследованиях получение пептидов связано с использованием протеолитических ферментов [8]. Однако с учетом активного внедрения мембранных методов обработки сырья в молочной отрасли представляет интерес потенциальная возможность выделения активных пептидов молочного сырья путем мембранной обработки.

Технология мембранного разделения представляется логичным выбором для фракционирования молока, поскольку многие компоненты молока могут быть разделены в соответствии с их размерами. В исследованиях, посвященных мембранному разделению молочного сырья основное внимание уделяется ультрафильтрации. С помощью ультрафильтрации осуществляется концентрирование мицелл казеина в качестве предварительной обработки при производстве сыра, производится разделение и фракционирование жировых глобул для получения сливок, а также уменьшается бактериальная обсемененность в обезжиренном молоке и очищаются сывороточные белки [9]. Встречаются способы отделения пептидных фракций из реакционной смеси при проведении гидролиза молочных белков с использованием ультрафильтрации [10, 11].

Исследования, проведенные некоторыми авторами [11], показывают, что профили распределения молекулярных масс пептидов гидролизата казеина, обнаруженных в ультрафильтрационных пермеатах (табл. 1), характеризовались высоким содержанием (>94,8 %) коротких пептидов (<2000 Да). Доля пептидов с молекулярной массой 2000–5000 Да незначительно увеличивалась с изменением pH от 6,0 до 10,0, но всегда оставалась в пределах 0,95–4,90 %, тогда как содержание больших пептидов (>5000 Да) всегда находилось ниже, чем 0,3 %. Использование в качестве материала мембран полисульфона (PS) и полиэфирсульфона (PES) существенного влияния не оказывало и приводило к аналогичным результатам. Таким образом, пептиды, содержащиеся в молоке, вероятнее всего, не проникают сквозь ультрафильтрационную мембрану за счет своей довольно крупной молекулярной массы (10–20 кДа).

Т а б л и ц а 1. Профиль распределения молекулярных масс пептидов гидролизата казеина и его пермеата, полученного методом ультрафильтрации

Table 1. The distribution profile of molecular masses of peptides of casein hydrolyzate and its permeate obtained by the method of ultrafiltration

	Полисульфон, (%)			Полиэфирсульфон, (%)		
	>5000	2000–5000	<2000	>5000	2000–5000	<2000
Общий гидролизат	0,4	3,3	96,3	0,4	3,3	96,3
5 кДа						
pH6,0	<0,1	0,9	99,0	<0,1	1,7	98,2
pH8,0	0,1	2,4	97,5	<0,1	1,8	98,1
pH10,0	0,1	2,0	97,9	0,1	2,3	97,6
10кДа						
pH6,0	<0,1	1,7	98,3	0,1	2,0	97,9
pH8,0	0,3	4,9	94,8	0,2	3,3	96,5
pH10,0	0,3	4,0	95,7	0,2	3,6	96,2

Цель работы – изучить фракционный состав мелких пептидов в ультрафильтрационном пермеате обезжиренного молока.

#### Материалы и методы исследований.

Объектами исследования были образцы пермеата обезжиренного молока, полученные путем ультрафильтрации на PES мембране с молекулярной массой отсеки 10000 Да (табл. 2).

Пробоподготовка проводилась путем центрифугирования проб 60 мин при 6000 об/мин и температуре 5 °С. Аликвота прозрачной части фильтровалась через фильтрующую шприцевую насадку с размером пор 0,45 мкм.

Исследование проводилось методом эксклюзионной хроматографии. Для хроматографических измерений использовалась система NGC Quest 10+ (Bio-Rad, США). Система NGC была оснащена

50 мкл инъекционной петлей для ввода образцов. Для контроля процесса фракционирования применяли УФ-детектор с проточной ячейкой 10 мм, а также кондуктометрический детектор. Определение белка выполнялось при длине волны 214 нм [12]. Система была оснащена подготовительными головками насоса для скорости потока от 0,1 до 10,0 мл/мин. Смешивание стандартных буферных растворов и градиентов достигалось с помощью смесительного клапана. Система была помещена в лабораторию с контролируемым климатом с постоянной температурой (20 ± 1) °С во всех экспериментах. Использовалась колонка для эксклюзионной хроматографии ENrich SEC 70 (Bio-Rad, США). В качестве подвижной фазы использовался натрий-фосфатный буфер pH = 7,4. Перед использованием буфер фильтровали с помощью 0,45 мкм фильтра и дегазировали.

В качестве стандартов для хроматографии и последующего построения графика распределения молекулярных масс пептидов использовалась лиофилированная смесь GelFiltrationStandard (Bio-Rad, США), рис. 1, состоящая из тиреоглобулина (CV = 0,36), бычьего γ-глобулина (CV = 0,38), овальбумина цыпленка (CV = 0,43), лошадиного миоглобина (CV = 0,51) и витамина B12 (CV = 0,74), MW 1,350-670,000.

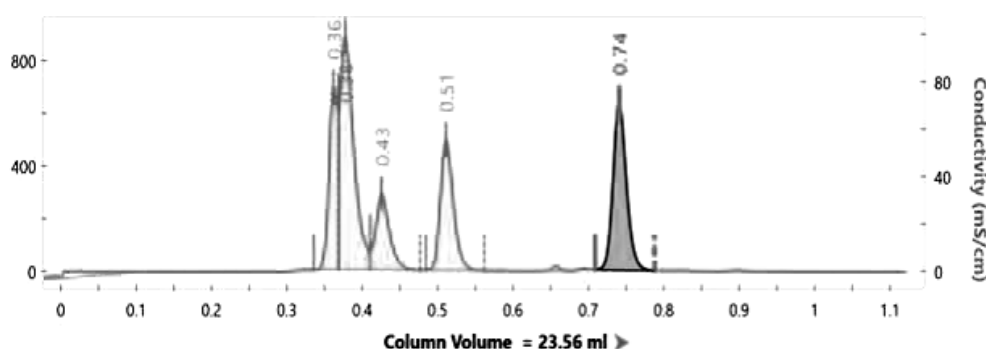


Рис. 1. Разделение стандартов с помощью гель-хроматографии  
 Fig. 1. Separation of Standards by Gel Chromatography

В связи с тем, что колонка подходит для разделения биомолекул в диапазоне молекулярных масс 500–70 000 Да, наблюдается слияние пиков тиреоглобулина и бычьего γ-глобулина. В дальнейших расчетах тиреоглобулин не учитывается. Построение графиков и математическая обработка результатов исследований осуществлялись при помощи компьютерной программы Microsoft Office Excel 2010 (Microsoft Corporation, США).

Таблица 2. Состав и физико-химические свойства пермеата обезжиренного молока  
 Table 2. Composition and physico-chemical properties of skimmed milk permeate

Параметр	Среднее (%)	Диапазон (%)
Сухие вещества	5,30	5,03–5,53
Зола	0,43	0,38–0,45
Лактоза	4,59	4,50–4,70
Белок	0,31	0,23–0,43
pH	6,55	6,50–6,60

Результаты хроматографии образцов представлены на рисунке 2.

Расчет распределения молекулярных масс был произведен с использованием графического метода [13]. Этот метод применяют для наглядного изображения формы связи между изучаемыми показателями. Для этого в прямоугольной системе координат строят график, по оси ординат откладывают индивидуальные значения результативного признака Y, а по оси абсцисс – индивидуальные значения факторного признака X. Совокупность точек результативного и факторного признаков называется полем корреляции (рис. 3).

Пик, выходящий на 0,38 объема колонки, не используется в расчетах молекулярных масс, т.к. это вещество выходит за рамки чувствительности колонки, что может являться каким-либо загрязнением или посторонней примесью.

На основании поля корреляции можно выдвинуть гипотезу о том, что связь между всеми возможными значениями X и Y носит степенной характер.

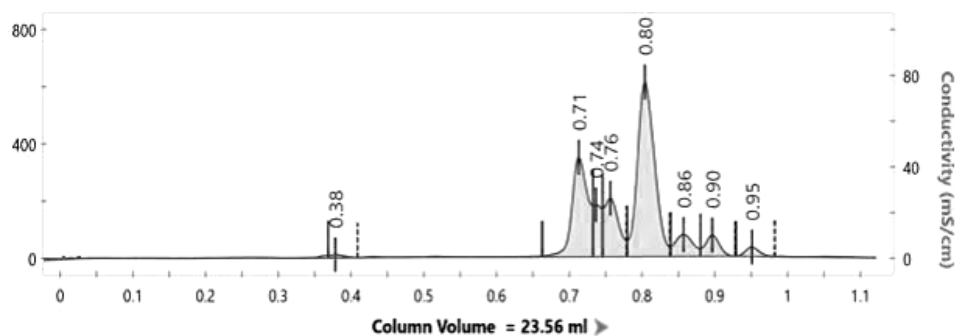


Рис. 2. Разделение пептидных фракций пермеата обезжиренного молока с помощью гель-хроматографии

Fig. 2. Separation of skimmed milk permeate peptide fractions using gel chromatography

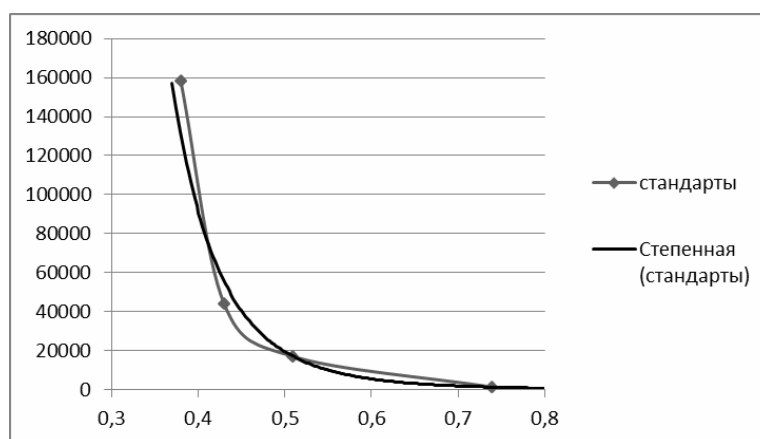


Рис. 3. График распределения молекулярных масс

Fig. 3. Molecular Weight Distribution Graph

Уравнение регрессии:

$$y = 160,55 * x^{-6,926}.$$

Величина достоверности аппроксимации:

$$RI = 0,9925.$$

Таким образом, в 99,25 % случаев X влияет на изменение Y, т.е. уравнение может быть использовано для расчета молекулярных масс пептидов, содержащихся в исследуемом образце (табл. 3).

Т а б л и ц а 3. Молекулярный вес пептидных фракций пермеата обезжиренного молока

Table 3. Molecular weight of peptide fractions of skimmed milk permeate

Время выхода пика, CV	Средний молекулярный вес расчетный (Да)	Количество соответствующих биоактивных пептидов [14]
0,71	1720 ± 60	4
0,74	1290 ± 50	3
0,76	1070 ± 40	4
0,8	750 ± 40	11
0,86	460 ± 20	15
0,9	330 ± 20	10
0,95	230 ± 10	5

**Заключение.** Исследования показали, что в пермеате обезжиренного молока преобладают пептиды с молекулярной массой от 230 до 1700 Да. Согласно базе данных биоактивных пептидов молока [14], обнаруженные пептиды могут соответствовать 52 вариантам, наиболее вероятными из которых являются АПФ-ингибирующая, ДПП-4-ингибирующая, антиоксидантная, антимикробная активности.

Результаты исследований свидетельствуют о том, что в пермеате обезжиренного молока содержатся пептиды, которые потенциально обладают биологически активными свойствами.

#### Список использованных источников

1. Fardet, A. In vitro and in vivo antioxidant potential of milks, yoghurts, fermented milks and cheeses: a narrative review of evidence / A. Fardet, E. Rock // *Nutrition Research Reviews*. – 2017. – Т. 31. – Vol. 01. – P. 1–19.
2. Morschheuser, L. Immunological analysis of food proteins using high-performance thin-layer chromatography-immunostaining / L. Morschheuser, K. Mink, R. Horst, C. Kallinich // *J. Chromatogr. A*. – 2017. – Т. 1526. – P. 157–166.
3. Clare, D. Biodefense Properties of Milk: The Role of Antimicrobial Proteins and Peptides / D. Clare, G. Catignani, H. Swaisgood // *Curr. Pharm. Des.* – 2003. – Т. 9. – № 16. P. 1239–1255.
4. Li G.H. Angiotensin I–converting enzyme inhibitory peptides derived from food proteins and their physiological and pharmacological effects / G.H. Li, G.W. Le, Y.H. Shi, S. Shrestha // *Nutr. Res.* – 2004. – Т. 24. – № 7. – P. 469–486.
5. Korhonen, H. Bioactive Peptides from Food Proteins / H. Korhonen, A. Pihlanto // *Handbook of Food Products Manufacturing*. Hoboken, NJ, USA: JohnWiley&Sons, Inc. – 2004 – P. 1–37.
6. Гунькова, П.И. Влияние плазмина на свойства молока / П.И. Гунькова, К.К. Горбатова // *Молочная промышленность*. – 2009. – № 8. – С. 52–53.
7. Topel, A. Chemie und Physik der Milch / A. Topel // *Naturstoff – Rohstoff – Lebensmittel*. – Behr, 2004. – P. 362–364.
8. Цыганков, В.Г. Изучение пептидного состава ферментативного гидролизата концентрата сывороточных белков коровьего молока с целью разработки пищевых продуктов для туристическо-оздоровительной деятельности / В.Г. Цыганков, Т.Н. Головач, В.П. Курченко, А.М. Бондарук // *Труды БГТУ. Минск : БГТУ, 2015. – Т. 174. – № 1. – С. 272–275.*
9. Brans, G. Membrane fractionation of milk: State of the art and challenges / G. Brans, C. Schroll, R. Van Der Sman, R. M. Boom // *Journal of Membrane Science*. – 2004. – Т. 243. – № 1–2. – P. 263–272.
10. Pouliot, Y. Fractionation of casein hydrolysates using polysulfone ultrafiltration hollow fiber membranes / Y. Pouliot, S.F. Gauthier, C. Bard // *J. Memb. Sci.* – 1993. – Т. 80. – № 1. – P. 257–264.
11. Gourley, L. Separation of casein hydrolysates using polysulfone ultrafiltration membranes with pH and EDTA treatments applied / L. Gourley, S.F. Gauthier, Y. Pouliot // *Lait. EDP Sciences* – 1995. – Т. 75. – № 3. – P. 259–269.
12. Vijayalakshmi, M.A. High Performance Size Exclusion Liquid Chromatography of Small Molecular Weight Peptides from Protein Hydrolysates Using Methanol as a Mobile Phase Additive / M.A. Vijayalakshmi, L. Lemieux, J. Amiot // *J. Liq. Chromatogr. Taylor&FrancisGroup* – 1986. – Т. 9. – № 16. – P. 3559–3576.
13. Фёрстер, Э. Методы корреляционного и регрессионного анализа / Э. Фёрстер, Б. Рёнц // *М.: Финансы и статистика, 1983. – 304 с.*
14. Nielsen, S.D. Milk bioactive peptide database: A comprehensive database of milk protein-derived bioactive peptides and novel visualization / S.D. Nielsen, R.L. Beverly, Y. Qu, D.C. Dallas // *Food Chem. Elsevier*. – 2017. – Т. 232. – P. 673–682.

#### References

1. Fardet, A. In vitro and in vivo antioxidant potential of milks, yoghurts, fermented milks and cheeses: a narrative review of evidence / A. Fardet, E. Rock // *Nutrition Research Reviews*. – 2017. – Т. 31. – Vol. 01. – P. 1–19.
2. Morschheuser, L. Immunological analysis of food proteins using high-performance thin-layer chromatography-immunostaining / L. Morschheuser, K. Mink, R. Horst, C. Kallinich // *J. Chromatogr. A*. – 2017. – Т. 1526. – P. 157–166.
3. Clare, D. Biodefense Properties of Milk: The Role of Antimicrobial Proteins and Peptides / D. Clare, G. Catignani, H. Swaisgood // *Curr. Pharm. Des.* – 2003. – Т. 9. – № 16. P. 1239–1255.
4. Li G.H. Angiotensin I–converting enzyme inhibitory peptides derived from food proteins and their physiological and pharmacological effects / G.H. Li, G.W. Le, Y.H. Shi, S. Shrestha // *Nutr. Res.*, 2004. – Т. 24. – № 7. – P. 469–486.

5. Korhonen, H. Bioactive Peptides from Food Proteins / H. Korhonen, A. Pihlanto // Handbook of Food Products Manufacturing. Hoboken, NJ, USA: JohnWiley&Sons, Inc., 2004 – P. 1–37.
6. Gunkova, P.I., Gorbatoва K.K. Vliyaniye plazmina na svoystva moloka [Influence of plasmin on milk properties]. Molochnaya promyshlennost' [The dairy industry], 2009, no. 8, pp. 52–53.
7. Topel, A. Chemie und Physik der Milch / A. Topel // Naturstoff – Rohstoff – Lebensmittel. – Behr, 2004. – P. 362–364.
8. Tsygankov, V.G., Kurchenko V.P., Bondaruk A.M. Izuchenie peptidnogo sostava fermentativnogo gidrolizata koncentrata syvorotochnykh belkov korov'ego moloka s cel'yu razrabotki pishchevykh produktov dlya turisticheskoy-ozdorovitel'noy deyatel'nosti [The study of the peptide composition of the enzymatic hydrolyzate of whey protein concentrate of cow's milk with the aim of developing food products for tourist and recreational activities]. Trudy BGTU [Works BSTU]. Minsk: BSTU, 2015, T. 174. no. 1, pp. 272–275.
9. Brans, G. Membrane fractionation of milk: State of the art and challenges / G. Brans, C. Schroll, R. Van Der Sman, R. M. Boom, // Journal of Membrane Science. – 2004. – T. 243. – № 1–2. – P. 263–272.
10. Pouliot, Y. Fractionation of casein hydrolysates using polysulfone ultrafiltration hollow fiber membranes / Y. Pouliot, S.F. Gauthier, C. Bard // J. Memb. Sci. – 1993. – T. 80. – № 1. – P. 257–264.
11. Gourley, L. Separation of casein hydrolysates using polysulfone ultrafiltration membranes with pH and EDTA treatments applied / L. Gourley, S.F. Gauthier, Y. Pouliot // Lait. EDP Sciences. – 1995. – T. 75. – № 3. – P. 259–269.
12. Vijayalakshmi, M.A. High Performance Size Exclusion Liquid Chromatography of Small Molecular Weight Peptides from Protein Hydrolysates Using Methanol as a Mobile Phase Additive / M.A. Vijayalakshmi, L. Lemieux, J. Amiot // J. Liq. Chromatogr. Taylor&FrancisGroup. – 1986. – T. 9. – № 16. – P. 3559–3576.
13. Forster, E., Ryants B. Metody korrelyacionnogo i regressionnogo analiza [Methods of the correlation and regression analysis]. Moscow, Finance and Statistics, 1983. – 304 p.
14. Nielsen, S.D. Milk bioactive peptide database: A comprehensive database of milk protein-derived bioactive peptides and novel visualization / S.D. Nielsen, R.L. Beverly, Y. Qu, D.C. Dallas // Food Chem. Elsevier. – 2017. – T. 232. – P. 673–682.

#### Информация об авторах

*Метель Владимир Сергеевич* – инженер Центра биотехнологического инжиниринга СКФУ, Института живых систем, ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет», г. Ставрополь. E-mail: metel@mokostav.com

*Куликова Ирина Кирилловна* – кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной биотехнологии Института живых систем, ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет», г. Ставрополь. E-mail: kik-st@yandex.ru

*Анисимов Георгий Сергеевич* – кандидат технических наук, директор Центра биотехнологического инжиниринга СКФУ, ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет», г. Ставрополь. E-mail: ags82@mail.ru

*Евдокимов Иван Алексеевич* – доктор технических наук, профессор, заведующий базовой кафедрой «Технология молока и молочных продуктов», ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет» при АО «Молочный комбинат Ставропольский», г. Ставрополь. E-mail: ievdokimov@ncfu.ru

#### Information about authors

*Metel Vladimir S.* – Engineer of the Center for Biotechnological Engineering of NCFU, Institute of Living Systems, North-Caucasus Federal University, Stavropol. E-mail: metel@mokostav.com.

*Kulikova Irina K.* – PhD (Technical Sciences), Associate Professor, Department of Applied Biotechnology, Institute of Living Systems, North-Caucasian Federal University, Stavropol. E-mail: kik-st@yandex.ru

*Anisimov Georgii S.* – PhD (Technical Sciences), Director of the Center for Biotechnological Engineering at North Caucasian Federal University, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «North Caucasus Federal University», Stavropol. E-mail: ags82@mail.ru

*Evdokimov Ivan A.* – PhD (Technical Sciences), Professor, Head of the Basic Department of Technology of Milk and Dairy Products, FSAEI of HE «North Caucasus Federal University» at the Stavropol Dairy Plant JSC, Stavropol. E-mail: ievdokimov@ncfu.ru

УДК 637.2

Поступила в редакцию 30.07.2018  
Received 30.07.2018**О.В. Бондарчук***Институт продовольственных ресурсов НААН, г. Киев, Украина*

## **РОЛЬ ЗАКВАСОЧНОЙ КУЛЬТУРЫ В ПРОИЗВОДСТВЕ КИСЛОСЛИВОЧНЫХ СПРЕДОВ**

**Аннотация.** Статья посвящена определению технологических режимов приготовления закваски с использованием поливидового бактериального концентрата для производства кисломолочных спредов. Исследованы основные технологические свойства заквасок при различных температурах подготовки. Показано, что температура подготовки закваски существенно влияет на метаболическую активность заквасочной микрофлоры.

Установлено, что приготовление закваски для кисломолочного спреда на основе бакпрепарата при температуре 34 °С и последующего ее созревания при температуре 14 °С в течение 5–6 ч обеспечивает необходимый уровень кислотности, вкусо-ароматических веществ и выраженный кисломолочный вкус и аромат.

Использование закваски для производства кисломолочных спредов обогащает продукты вкусоароматическими веществами: диацетилом до 0,18–0,23 мг/100 г и летучими органическими кислотами до 29–37 мкэкв/100 г.

Установлено, что благодаря микрофлоре закваски в кисломолочных спредах увеличивается интенсивность отмирания сторонней микрофлоры, тогда как в сладкомолочном — ограничивается ее развитие.

**Ключевые слова:** кисломолочные спреды, бактериальный препарат, закваска, молочнокислые бактерии, пропионовокислые бактерии, диацетил, летучие органические кислоты

**O.V. Bondarchuk***Institute of Food Resources, NAAN, Kiev, Ukraine*

## **THE EFFECT OF BACTERIAL CULTURE IN THE PRODUCTION OF SOUR-CREAM SPREADS**

**Abstract.** The article is devoted to the determination of technological regimes for the production of starter using a polyvidic bacterial preparation for direct vat inoculation for the production of sour-cream spreads. The main technological properties of starter at different temperatures of preparation were investigated. The temperature of preparation of starter significantly affects on the growth and metabolic activity of the fermentation microflora are showed.

The preparation of starter for the sour-cream spread on the basis of a bacterial preparation at a temperature of 34 °C and its subsequent ripening at a temperature of 14 °C for 5 hours ensures a high yield of lactic and propionic acid bacteria, the required level of acidity, flavoring substances and pronounced sour-milk taste and aroma was established.

The using of starter for the production of sour-cream spreads enriches the products with flavoring substances: diacetyl to 0.18–0.23 mg/100 g and volatile organic acids up to 29–37 mEq /100 g.

The microflora of the starter in sour-cream spreads promotes increases the intensity of extinction of the extraneous microflora, whereas in the sweet-cream spread, its development is limited was established.

**Keywords:** sour-cream spreads, bacterial preparation, starter, lactic acid bacteria, propionic acid bacteria, diacetyl, volatile organic acids

**Введение.** В связи с ограниченными ресурсами молочного сырья и необходимостью замены молочного жира жирами немолочного происхождения создаются предпосылки для роста производства спредов. Использование немолочных жиров дает возможность маслодельным заводам сэкономить молочное сырье и обеспечить стабильность производства в межсезонный период.

На сегодняшний день одной из основных проблем в производстве спредов является улучшение их физиологических свойств и показателей безопасности. В частности, разработки данного вида продукта ориентированы, в основном, на создание ассортимента, наиболее полно соответствующего формуле сбалансированного питания. Особое внимание акцентируют на сбалансированности жирнокислотного состава жировой основы, повышении содержания полиненасыщенных жирных кислот и снижении общего уровня насыщенных жирных кислот и трансизомеров за счет частичной замены молочного жира растительными жирами или заменителями молочного жира [1–11].

В то же время, используемые жиры должны создавать мелкокристаллическую форму, обеспечивающую высокую гомогенность продукта и его вкусовые свойства. Поэтому, при разработке рецептур спредов большое внимание уделяют выбору жиров с температурой плавления и твердости [11–15].

Для повышения полезных свойств спредов широкое использование получили полиненасыщенные жирные кислоты, витамины, минеральные вещества, антиоксиданты, пищевые волокна, пробиотики, пребиотики. Многочисленными исследованиями доказано, что их введение в определенных дозах повышает пищевую и физиологическую ценность продукта [22–24].

В частности, разработаны спреды с использованием пробиотического штамма вида *Lactobacillus acidophilus* и пребиотика – пищевого волокна полидекстрозы *Litesse*, инокулированных в пектиновую фракцию в виде микрокапсул и образующих симбиотический комплекс в продукте. Это дает возможность создавать функциональные эмульсионные жировые продукты с соответствующими физиологическими свойствами и повышенной устойчивостью к выживанию живых микроорганизмов [22–25].

Как правило, микрофлора находится, в основном, в водной фазе, диспергируемой в жировой основе, которая является защитой от стрессовых факторов. Благодаря этому заквасочные культуры способны выживать в течение длительного срока и обеспечивать продукту пробиотические свойства [23–25].

Однако, применение различных вкусовых добавок и биологически активных веществ далеко не исчерпаны в технологиях производства спредов. Поэтому использование различных ингредиентов в технологиях спредов свидетельствуют об актуальности и перспективности рынка жировых продуктов.

В частности, одной из перспективных разработок могут быть также кисломолочные спреды, в производстве которых, как и любого ферментированного продукта, важную роль играют бактериальные культуры.

В Институте продовольственных ресурсов для производства кисломолочного спреда был разработан бактериальный концентрат «Ипровит КВС-П», содержащий молочнокислые и пропионовокислые бактерии видов *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* biovar. *diacetylactis*, *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, *Propionibacterium freudenreichii* subsp. *freudenreichii* со свойствами, необходимыми для ферментированного жирового продукта – активным синтезом ароматических веществ и высокой энергией кислотообразования, что обеспечивает ему высокие показатели вкуса и аромата [26].

Однако, несмотря на то, что в последние десятилетия для производства ферментированных молочных продуктов применяют бактериальные препараты прямого внесения, для производства кисломолочного спреда, в котором культуры должны функционировать в молочной жировой основе, возникает потребность в приготовлении производственной закваски, минуя этап изготовления материнской и пересадочных заквасок.

На качество заквасок большое влияние оказывает температура и продолжительность ферментации. Отклонение от оптимальной температуры культивирования негативно сказывается на развитии заквасочной микрофлоры. Так, при температурах ниже оптимальных температур сквашивания за-

медляется синтез молочной кислоты, а при повышенных – снижается образование ароматических веществ [26].

Поскольку бактериальный препарат содержит штаммы молочно- и пропионовокислых бактерий с различными оптимальными параметрами роста, важным было обеспечение температурных условий, которые бы удовлетворяли развитие всех его составляющих.

Поэтому, **целью работы** было определение технологических параметров приготовления закваски, обеспечивающих сохранение всех входящих в состав бактериального препарата культур и изучение влияния закваски на основные характеристики кисломолочных спредов.

**Материалы и методы исследований.** Приготовление заквасок осуществляли путем сквашивания пастеризованного при температуре 95 °С в течение 45 мин молока бактериальным препаратом из расчета 1 г/дм<sup>3</sup>.

Кисломолочные спреды вырабатывали методом преобразования жировой смеси с заменой 50 % и 75 % молочного жира заменителем молочного жира «Sania» и использованием 8 % закваски. Закваску вносили в зону превращения фаз (дестабилизатор жировой эмульсии), где происходило ее перемешивание с жировой смесью. Таким образом, обеспечивается равномерное распределение закваски в продукте и сокращается технологический процесс.

Основные физико-химические, и биохимические характеристики заквасок оценивали после 12 часов хранения при температуре (9 ± 1) °С с момента образования сгустка. Кислотность заквасок определяли по ГОСТ 3624-92 [27]. Уровень диацетила и летучих органических кислот в заквасках и спредах определяли после дистилляции с водяным паром [28]. В спредах исследовали общую численность молочнокислых бактерий – по ГОСТ 10444.11-89 [29]; количество бактерий группы кишечной палочки – по ДСТУ 7357:2013 [30]; дрожжи – по ДСТУ 8447-2015 [31].

В кисломолочных спредах содержание витамина В<sub>12</sub> определяли микробиологическим методом, разработанной Л. Куцевой [32].

**Результаты исследований.** Качество заквасок, полученных путем сквашивания цельного молока при различных температурах, анализировали по физико-химических и биохимических характеристиках (табл. 1).

Т а б л и ц а 1. Основные характеристики заквасок, произведенных при различных технологических параметрах

Table 1. The main characteristics of starter, produced at various technological parameters

Показатели	Закваски			
	№1	№2	№3	№4
Молоко для производства заквасок: м.д. жира, %	2,4–2,5			
Титрованная кислотность, °Т	18–19			
Активная кислотность, рН	6,5–6,4			
Вкус и запах	чистый, без посторонних присмаків			
Температура пастеризации, °С	95			
Продолжительность пастеризации, мин	45			
Температура охлаждения, °С	33–34			
Количество внесенного бакпрепарата, г/дм <sup>3</sup> молока	1			
Температура сквашивания, °С	30-31		34-35	
Температура охлаждения заквасок, °С	7±1	14±1	7±1	14±1
Продолжительность созревания заквасок, час	–	5±1	–	5±1
Титрованная кислотность готовой закваски, °Т	95±1	100±1	105±1	115±1
Температура охлаждения заквасок после созревания, °С	–	5±1	–	5±1
Содержание летучих органических кислот, мкэкв/100 г	220±4	280±2	250±5	355±5
Содержание диацетила, мг/100 г	0,433±0,05	0,500±0,04	0,336±0,05	0,456±0,06



Полученные результаты исследований свидетельствуют, что температура подготовки закваски существенно влияет на метаболическую активность заквасочной микрофлоры. Так, закваски, приготовленные при температуре сквашивания молока 34–35 °С по сравнению с заквасками, полученными при температуре 30–31 °С, характеризовались меньшим содержанием диацетила, но отличались большим содержанием летучих органических кислот. При оценке ароматических свойств также было установлено, что количество диацетила и летучих органических кислот было в 1,2–1,4 раза больше в заквасках, которые подвергались созреванию.

Максимальное количество диацетила при изготовлении закваски (до 0,50 мг/100 г) достигается в случае культивирования закваски при температуре 30 °С, оптимальной для развития основных продуцентов этого соединения – мезофильных ароматобразующих лактококков вида *L. diacetylactis*.

Преимуществом закваски, полученной при температуре сквашивания молока 34 °С является кислотообразующая активность. Как свидетельствуют полученные данные, увеличение температуры сквашивания молока до 34 °С, привело к росту энергии кислотообразования закваски.

Созревание заквасок также способствовало росту их кислотности, что является важным для обеспечения необходимой кислотности плазмы спредов и выраженности кисломолочного вкуса. Было установлено, что дополнительное созревание заквасок № 2 и № 4 позволило повысить энергию кислотообразования на 10–15 °С по сравнению с заквасками № 1 и № 3.

Следует отметить, что преимуществом применения низких температур при сквашивании закваски является увеличение содержания диацетила, тогда как высокие температуры способствуют накоплению летучих органических соединений. Выдержка закваски при низких температурах интенсифицирует накопления диацетила.

Таким образом, закваска, полученная путем сквашивания молока бакпрепаратом в количестве 1 г/дм<sup>3</sup> при температуре 34–35 °С в течение 9 ч и подвергнута созреванию при температуре (14 ± 1) °С в течение 5–6 ч для накопления аромата и последующим охлаждением до температуры (8 ± 1) °С характеризуется необходимым уровнем кислотообразования (до 115 °Т) и ароматообразующей активностью (диацетила 0,456 мг/100 г и летучих органических кислот 355 мэкв/100 г), что является необходимым условием для получения характерного вкуса и аромата, присущих кисломолочному спреду.

По результатам органолептической оценки было отмечено что более выраженный, острый кисломолочный вкус является следствием интенсификации биохимической активности лактофлоры закваски.

Были проведены исследования по влиянию закваски на органолептические свойства кисломолочных спредов, произведенных с использованием заменителя молочного жира 50 % и 75 % (рис. 1). По результатам биохимических исследований установлено, что использование закваски заметно обогащает кисломолочные спреды основными вкусом-ароматическими веществами.

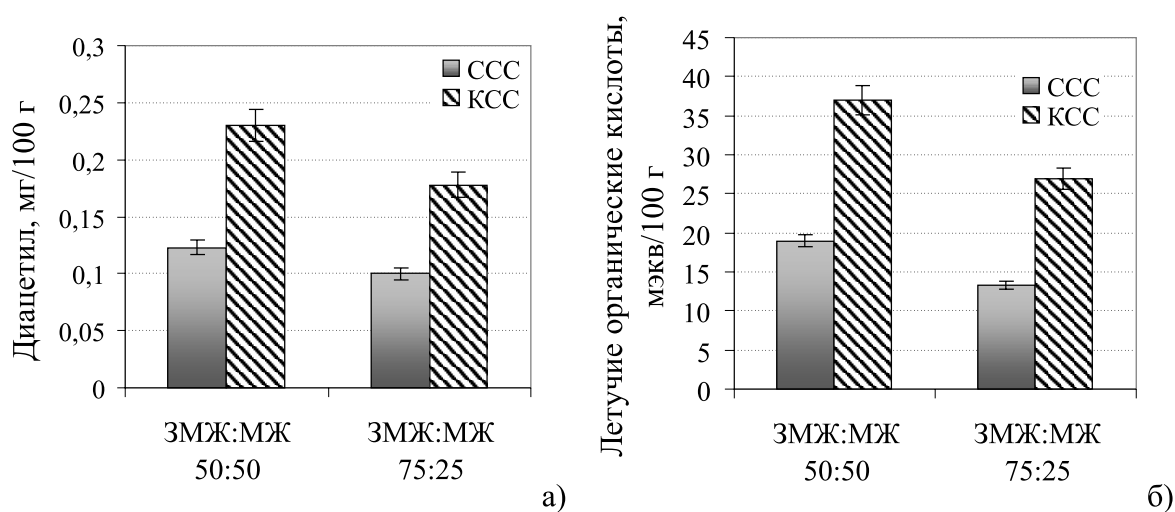


Рис. 1. Влияние закваски на вкусо-ароматические свойства кисломолочных спредов с заменой молочного жира на 50 % и 75 %: а) содержание диацетила; б) летучих органических кислот  
Fig. 1. Influence of starter on the flavor and aromatic properties of the sour-cream spread with the replacement of milk fat by 50 % and 75 %: a) the content of diacetyl; b) volatile organic acids

Об этом свидетельствует существенное увеличение содержания диацетила и летучих органических кислот в кисломолочных спредах, в пределах 0,18–0,23 мг/100 г и 29–37 мкэкв/100 г соответственно, в то время как в сладкомолочных спредах их количество было в пределах 0,10–0,12 мг/100 г и 13–19 мэкв/100 г, соответственно. Очевидно, что вкусо-ароматические характеристики кисломолочного спреда формируются как за счет веществ, присутствующих в сладкомолочном спреде, так и за счет веществ, поступающих в состав спреда с закваской. Следует отметить, что наибольшее содержание вкусо-ароматических веществ было отмечено в спредах с меньшей заменой молочного жира (50 %), независимо от вида, что, несомненно, связано с дополнительным их обогащением за счет сливок.

Оценка органолептических показателей позволила утверждать, что закваска способствовала обеспечению кисломолочного вкуса и запаха кисломолочным спредам.

Одним из самых главных вопросов в молокоперерабатывающей промышленности является изготовление высококачественных продуктов. Сохранность их качества и предупреждение порчи связаны с их непосредственной защитой от негативного влияния посторонней микрофлоры и ее метаболитов при производстве и хранении. Неудовлетворительное санитарно-гигиеническое состояние производства, применения некачественных вспомогательных материалов, упаковки и другие факторы являются причиной вторичной контаминации продукта, что приводит к ухудшению его качества.

В связи с этим были проведены исследования по установлению влияния бактериальной культуры на развитие кишечной палочки и дрожжей – как основных представителей санитарно-показательной и технически-вредной микрофлоры во время хранения спредов.

Для этого сладко- и кисломолочные спреды, изготовленные с использованием производственной закваски, приготовленной из бактериального препарата, специально заражали штаммом кишечной палочки *E. coli* и штаммом дрожжей. Изменение содержания данных контаминантов в обоих видах продуктов определяли в течение 30 сут. при хранении в условиях холодильника при температуре (5 ± 1) °С. Изучение динамики развития *E. coli* в сладкомолочных спредах показало, что культура интенсивно размножалась в течение первых 10 сут. хранения, ее численность увеличилась почти на 1,3 лг КОЕ/г при начальном контаминировании 2,3 лг КОЕ/г (рис. 2). При дальнейшем хранении, хотя и наблюдали ее незначительное уменьшение (с 3,6 до 3,4 лг КОЕ/г), но эти показатели не соответствовали требованиям нормативных документов.

Микрофлора закваски имела выраженную антагонистическую активность по отношению к БГКП. Об этом свидетельствует стремительное отмирание кишечной палочки, несмотря на то, что начальное загрязнение этого продукта коли-формами было в 2 раза больше по сравнению со сладкомолочным спредом. В первые 10 дней содержание коли-форм уменьшилось – на 1,4 лг КОЕ/г, в последующие 10 дней их количество снизилось еще на 1,3 лг КОЕ/г и до конца хранения их количество стабилизировалась до уровня 2,0 лг КОЕ/г.

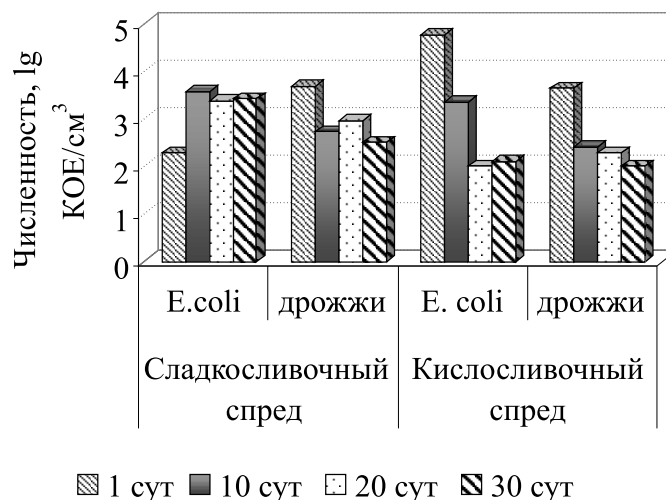


Рис. 2. Влияние закваски на развитие сторонней микрофлоры в спредах  
 Fig. 2. Influence of starter on the development of external microflora in spreads

Характер ингибирующего действия молочнокислых бактерий по отношению к дрожжам отличался от их влияния на БГКП. Количество клеток в обоих видах продуктов в первые 10 сут. снижалась почти с одинаковой скоростью – на 26–32 % по сравнению с исходным их количеством. Однако в дальнейшем изменения не имели стабильного характера. В сладкосливочных спредах снова наблюдали последующее увеличение дрожжей, на 0,23 lg КОЕ/г, хотя количество после 30 сут. не превышала их исходного количества и отвечало по этому показателю нормам действующего стандарта. В кислосливочных спредах с 10 до 30 сут. отмечено медленное их отмирание – на 19,3 %, что свидетельствует о снижении антагонистической активности заквасочной микрофлоры на поздних стадиях хранения продукта.

О ингибировании роста сторонней микрофлоры отмечалось также рядом исследователей и связывалось с синтезом молочнокислыми микроорганизмами молочной кислоты, низина и других антибиотических веществ [33]. Снижение роста *Escherichia coli* также объясняют противомикробными свойствами диацетила, образующегося *Lactococcus diacetilactis* и бактериоцинов, продуцирующихся пропионовокислыми бактериями [34–35].

Исследование развития лактофлоры закваски показало, что в кислосливочных спредах в присутствии БГКП численность молочнокислых бактерий всегда была ниже по сравнению с их содержанием при совместном развитии в спредах, содержащих дрожжи (рис. 3).

На протяжении первых 10 дней в кислосливочном спреде, контаминированном дрожжами, количество молочнокислых бактерий, оставалось без изменений, последующее хранение привело к их уменьшению в продукте.

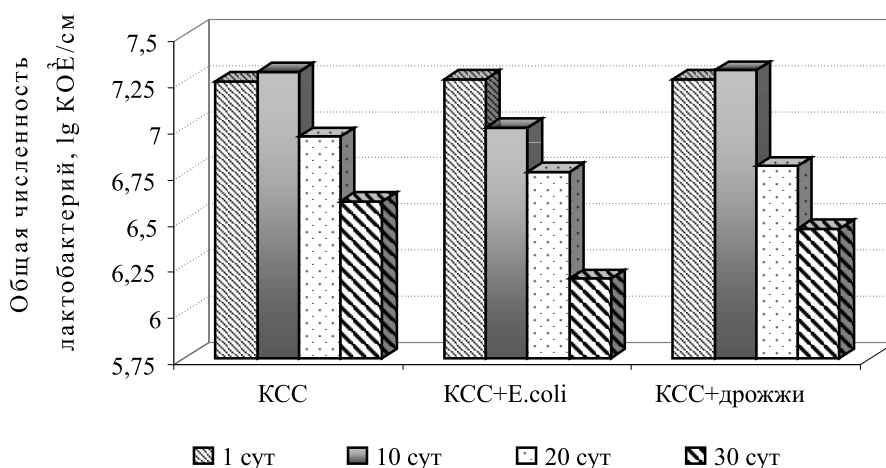


Рис. 3. Изменение общего количества молочнокислых бактерий в кислосливочном спреде в присутствии контаминантной микрофлоры (КСС – кислосливочные спреды)

Fig. 3. The change in the total number of lactic acid bacteria in the acidic distribution in the presence of a contaminant microflora

Очевидно, благодаря сочетанию штаммов молочно- и пропионовокислых бактерий расширяется спектр антимикробной активности к посторонней микрофлоре, вызывающей порчу продукта. Благодаря их ферментным комплексам и метаболитам, направлено синтезируются молочная кислота, диацетил, бактериоцины, обеспечивается эффективный антимикробный «консервирующий» эффект, появляется возможность получить гигиенически благополучный продукт.

Как известно, пропионовокислые бактерии способны к биосинтезу витамина В<sub>12</sub>. Было установлено, что в свежих кислосливочных спредах его количество составляло 1,06 мкг/100 г и является штаммово-специфическим признаком.

Следовательно, заквасочная культура на основе поликомпонентной композиции молочно- и пропионовокислых бактерий, которые дополняют ферментный потенциал друг друга, дает возможность стимулировать общее накопление продуктов метаболизма, таких как диацетил, летучие органические кислоты, обладающих спектром ценных свойств, и, как следствие, повышающих ее технологичность.

**Выводы.** Таким образом, главная роль в ароматообразовании кислосливочного спреда принадлежит закваске, которая способна обеспечить получение спреда с выраженным кисломолочным вкусом

и ароматом. Благодаря жизнедеятельности микроорганизмов заквасочной культуры формируются оригинальные вкусо-ароматические свойства данного вида спреда. Этот биотехнологический прием позволяет обогатить и улучшить жировую основу спреда вкусовыми веществами закваски.

При соблюдении санитарных норм при производстве кисломолочного спреда БГКП и дрожжи не представляют опасности для маслоделия, поскольку закваска не только способна улучшить качество продукта, но и его санитарно-гигиенические показатели.

Таким образом, если в сладкомолочном спреде развитие сторонней микрофлоры ограничено, то в кисломолочном — увеличивается интенсивность ее отмирания.

### Список использованных источников

1. Вышемирский, Ф.А. Комбинированное масло: место в современной иерархии жировых продуктов / Ф.А. Вышемирский // Сыроделие и маслоделие. — 2002. — № 3. — С. 32–35.
2. Дроздов, А.Н. Сливочно-растительные спреды повышенной пищевой ценности / А.Н. Дроздов, С.А. Калмаенович, С.А. Ильинова, С.Н. Макагонов // Известия вузов. Пищевая технология. — 2006. — № 2–3. — С. 43.
3. Дунаев, А.В. Перспективы развития производства спредов / А.В. Дунаев // Сыроделие и маслоделие. 2008. — № 2. — С. 48.
4. Терещук, Л.В. Проектирование жировых основ для сливочно-растительного спреда универсального назначения / Л.В. Терещук, Т.Л. Шишкина // Техника и технология пищевых производств. — 2009. — № 1. — С. 4.
5. Тагиева, Т.Г. Принципы составления жировых основ спредов / Т.Г. Тагиева, В.Н. Григорьева, Л.И. Тарасова // Масложировая промышленность. — 2007. — № 1. — С. 6–9.
6. Кулакова, С.Н. Контроль и перспективы снижения уровня трансизомеров в продуктах питания / С.Н. Кулакова М.М. Гаппаров // V научно-практическая конференция Перспективы развития масложировой, маслодельной и сыродельной промышленности. Материалы конференции. — М. : Издательский комплекс МГУПП. — 2007. — С. 94–96.
7. Арутюнян, Н.С. Технология переработки жиров / Н.С. Арутюнян. — М. : Пищепромиздат, 1998. — 452 с.
8. Вышемирский, Ф.А. Аспекты производства спредов в России / Ф.А. Вышемирский, А.В. Дунаев, Е.Ю. Караваева, К.В. Вышемирская // Oils and Fats. — 2008. — № 6. — С. 24.
9. Ипатова, Л.Г. Жировые продукты для здорового питания. Современный Взгляд / Л.Г. Ипатова, А.А. Кочеткова, А.П. Нечаев, В.А. Тутельян // М.: ДеЛи принт, 2009. — 396с.
10. Степанова, Л.И. Сбалансированный жирнокислотный состав — основа получения высококачественных спредов / Л.И. Степанова, Е.В. Зуева, Е.М. Мельников, С.В. Почерников // Масла и жиры. — 2006. — № 8. — С. 16.
11. Шильман, Л.З. К вопросу о составе спредов / Л.З. Шильман, И.В. Симакова. // Сб. материалов Международной научно-технической конференции «Инновационные технологии в пищевой промышленности: наука, образование и производство». — С. 304–307.
12. Гуляев-Зайцев, С.С. Кристаллизация композиций молочного жира и пальмового олеина / С.С. Гуляев-Зайцев, Е.Ю. Майборода // Масложировая промышленность. — 2006. — № 6. — С. 18.
13. Гуляев-Зайцев, С.С. Физико-химические основы производства масла из высокожирных сливок / С.С. Гуляев-Зайцев. — М. :Пищев.пром.». — 1974. — 135 с.
14. Боднарчук, О.В. Конструювання жирової основи спреда // Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. — Том 2, №1(89) — Вінниця. 2015. — С. 31–36.
15. Боднарчук, О.В. Дослідження заміників молочного жиру // Продовольчі ресурси. — 2016. — № 6. — С. 123–130.
16. Боднарчук, О.В. Дослідження структурно-механічних характеристик спредів / О.В. Боднарчук., Г.О. Єресько, Н.Ф. Кігель // Продовольчі ресурси. — 2016. — № 7. — С. 73–78.
17. Родак, О.Я. Дослідження поживних властивостей спредів підвищеної біологічної цінності / О.Я. Родак // Обладнання та технології харчових виробництв: темат. зб. науц. пр. — Донец. нац. ун-т економіки і торгівлі ім. М. Туган-Барановського. — 2011. — Том 27. — С. 446–351.

18. Карпухин, Д.В. Разработка технологии и рецептур спредов функционального назначения: Дис. к-та техн. наук. / Д.В. Карпухин. – М. – 2004. – 132 с.
19. Горбатова, А.В. Исследование качественных показателей сливочно-растительного спреда функциональной направленности / А.В. Горбатова // Аграрный вестник Урала. – 2013. – №1(107). – С. 37–38.
20. Лисицын, А.Н. Сливочно-растительный спред, обогащенный витаминсинтезирующей микрофлорой / А.Н. Лисицын, А.З.Ибрагимова // Переработка молока. – 2006. – №5. – С.52-54.
21. Сергеев, В.Н. Обогащение спредов витаминсинтезирующей микрофлорой / В.Н. Сергеев, А.З. Ибрагимова, Н.Д. Шамраева и др. // Сыроделие и маслоделие. – 2005. – №5. – С.45-46.
22. Топникова, Е.В. Обогащение продуктов маслоделия функциональными ингредиентами / Е.В. Топникова, Ю.В. Никитина, Е.Ю. Караваева, Т.А. Павлова // Материалы международной научно-практической конф. «Обеспечение качества и хранимоспособности продуктов сыроделия и маслоделия в современных условиях». 21–24 июня 2011. – Углич, 2011. – С. 125–131.
23. Самойлов, А.В. Разработка спредов функционального назначения, содержащих стабилизированные синбиотики / Самойлов А.В., Кочеткова А.А., Севериненко С.М., Кунц Б. // Сборник материалов научного семинара стипендиатов программы «Михаил Ломоносов». – М. : Германская служба академических обменов (ДААД), 2008. – С. 185–187.
24. Кочеткова, А.А. Нетрадиционное использование синбиотических комплексов / Кочеткова А.А., Ипатова Л.Г., Самойлов А.В., Севериненко С.М. // Материалы пятой Международной конференции «Масложировой комплекс России». Международная промышленная академия, 2-4 июня 2008 г. – М.: Пищепромиздат, 2008. – С. 126–131.
25. Дорожжина Т.П. Новые виды функциональных спредов / Т.П. Дорожжина, О.Г. Шубина // Масла и жиры. – 2008. – № 6. – С. 6.
26. Боднарчук, О.В. Якість кислотовершкових спредів, виготовлених методом перетворення жирової суміші / О.В. Боднарчук, Н.Ф. Кігель // «Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій ім. С.З. Гжицького». – Том 18, Ч.4 – №1(65) – Л. 2016. – С. 26-32.
27. ГОСТ 3624-92 Молоко и молочные продукты. Титриметрические методы определения кислотности.
28. Инихов, Г.С. Биохимия молока и молочных продуктов // Москва: Пищевая промышленность, 1970. – 423 с.
29. ГОСТ 10444.11-89 Продукты пищевые. Методы определения молочнокислых микроорганизмов.
30. ДСТУ 7357:2013 Молоко та молочні продукти. Методи мікробіологічного контролювання.
31. ДСТУ 8447-2015 Продукти харчові. Метод визначення дріжджів і плісневих грибів.
32. Витаминные ресурсы и их использование. Методы определения витаминов. Издательство академии наук СССР. Москва, 1995 г.
33. Панченко, В.Г. Вчера, сегодня, завтра украинского национального питания. Уроки здоровья. – Днепропетровск. Пороги. 2004. 274 с.
34. Lanciotti R. Evaluation of diacetyl antimicrobial activity against *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes* and *Staphylococcus aureus* / R. Lanciotti, F. Patrignani, F. Bagnolini, M.E. Guerzoni, F. Gardini // Food Microbiology. – 2003. – Vol. 20, No 5 – p. 537–543.
35. Holo H., Faye T., Brade D.A. Bacteriocins of propionic acid bacteria / H. Holo, T. Faye, D.A. Brade // Le Lait. – 2002. – Vol. 82, no 1, pp. 59–68.

### Reference

1. Vyshemirskiy F.A. Kombinirovannoye maslo: mesto v sovremennoy iyerarkhii zhirovyykh produktov [Combined oil: a place in the modern hierarchy of fatty foods]. Syrodelye i maslodelye [Cheese-making and butter making]. 2002, vol. 3, pp. 32–35. (In Russian).

2. Drozdov A.N., Kalmayenovich S.A., Ilinova S.A., Makagonov S.N., Slivochno-rastitelnyye spredy povyshennoy pishchevoytsennosti [*Cream-vegetable spreads of increased nutritional value*]. Izvestiya vuzov. Pishchevaya tekhnologiya [*Proceedings of high schools. Food technology*]. Kiev, 2006, vol. 2–3. pp.43.
3. Dunayev A.V. Perspektivy razvitiya proizvodstva spredov [Prospects for the development of spreads]. Syrodeliye i maslodeliye [*Cheese-making and butter making*]. Moscow, 2008, №2, p. 48. (In Russian).
4. Tereshchuk L.V., Shishkina T.L. Proyektirovaniye zhirovyykh osnov dlya slivochno-rastitelnogo spreda universalnogo naznacheniya [Designing of fatty bases for a cream and vegetable spread of universal purpose]. Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv [Technics and technology of food production]. Moscow, 2009, Vol. 1, p. 4.
5. Tagiyeva. T.G. Grigoryeva V.N., Tarasova L.I. Printsipy sostavleniya zhirovyykh osnov spredov [Principles of compilation of fatty bases spreads] / Maslozhirovaya promyshlennost [Fat-and-oil industry]. Moscow, 2007, Vol.1. pp. 6–9.
6. Kulakova. S.N., Gapparov M.M. Kontrol i perspektivy snizheniya urovnya transizomerov v produktakh pitaniya [Control and prospects of reducing the level of trans-isomers in food products]. V nauchno-prakticheskaya konferentsiya: Perspektivy razvitiya maslozhirovoy, maslodelnoy i syrodelnoy promyshlennosti. Materialy konferentsii [5th Scientific and Practical Conference: Prospects for the development of oil-and-fat, butter-making and cheese-making industries. Conference proceedings]. – Moscow, Izdatelskiy kompleks MGUPP, 2007, pp. 94-96. (In Russian).
7. Arutyunyan N.S. Tekhnologiya pererabotki zhirov [Technology of fats processing]. Moscow, Pishchepromizdat Publ., 1998. 452 p.
8. Vyshemirskiy F.A., Dunayev A.V., Vyshemirskiy F.A., Karavayeva E.Yu. Aspekty proizvodstva spredov v Rossii [Aspects of production of spreads in Russia], Masla i zhiry. [Oils and Fats], vol. 6, 2008, p.24. (In Russian).
9. Ipatova L.G., Kochetkova A.A., Nechayev A.P., Tutelian V.A. Zhirovyye produkty dlya zdorovogo pitaniya. Sovremennyy Vzglyad [Fat products for healthy eating. Modern Look]. Moscow, DeLiPrint Publ., 2009. 396 p.
10. Stepanova L.I., Zuyeva E.V., Melnikov E.M., Pochernikov S.V. Sbalansirovannyi zhirnokislottnyy sostav – osnova polucheniya vysokokachestvennykh spredov [The balanced fatty acid composition is the basis of obtaining high-quality spreads]. Masla i zhiry [Oils and fats]. Moscow, 2006, Vol.8, pp. 16.
11. Shilman L.Z., Simakova I.V. K voprosu o sostave spredov [On the question of the composition of the spreads]. Sbornik materialov Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii «Innovatsionnyye tekhnologii v pishchevoy promyshlennosti: nauka. obrazovaniye i proizvodstvo» [Materials of the International Scientific and Technical Conference “Innovative Technologies in the Food Industry: Science, Education and Production”]. – S. 304–307.
12. Gulyayev-Zaytsev S.S., Mayboroda E.Yu. Kristallizatsiya kompozitsiy molochnogo zhira i palmovogo oleina [Crystallization of milk fat and palm olein compositions]. Maslozhirovaya promyshlennost [Fat-and-oil industry], 2006, no. 6, pp. 18.
13. Gulyayev-Zaytsev S.S. Fiziko-khimicheskiye osnovy proizvodstva masla iz vysokozhirnykh slivok [Physical and chemical bases of oil production from high-fat cream]. Moscow, Pishchev.prom. Publ., 1974, 135 p.
14. Bodnarchuk O.V. Konstruyuvannya zhirovoi osnovi spredy [Construction of the fatty base of spread]. Zbirnik naukovikh prats Vinnitskogo natsionalnogo agrarnogo universitetu [Collection of scientific works of Vinnytsia National Agrarian University]. Vinnitsya, 2015, Vol.2, №1(89), pp. 31–36. (In Ukrainian).
15. Bodnarchuk O.V. Doslidzhennya zaminnikiv molochnogo zhiru [Research of milk fat substitutes] / Prodovolchi resursi [Food resources]. Kiev, 2016, Vol. 6, pp.123-130. (In Ukrainian).
16. Bodnarchuk O.V., Yeresko G.O., Kigel N.F. Doslidzhennya strukturno-mekhanichnikh kharakteristik sprediv [Investigation of structural-mechanical characteristics of spreads]. Prodovolchi resursi [Food resources]. Kiev, 2016. Vol. 7, pp. 73–78. (In Ukrainian).

17. Rodak O.Ya. Doslidzhennya pozhivnikh vlastivostey sprediv pidvishchenoi biologichnoi tsinnosti [Investigation of nutritional properties of high biological values spreads / O.Ya. Rodak]. Obladnannya ta tekhnologii kharchovikh virobnitstv: temat. zb. naku. pr. Donetsk nats. un-t ekonomiki i torgivli im. M. Tugan-Baranovskogo [Sci.messenger Donetsk Nat. University of Economics and Trade named after. M. Tugan-Baranovsky]. Donetsk, 2011. Vol. 270. pp. 446–351.
18. Karpukhin. D.V. Razrabotka tekhnologii i retseptur spredov funktsionalnogo naznacheniya: Dis. kand. tekhn. nauk [Development of technology and receptions of spreads of functional purpose: Cand. tech. sci. diss]. Moscow, 2004. 132 p.
19. Gorbatoва A.V. Issledovaniye kachestvennykh pokazateley slivochno-rastitelnogo spreda funktsionalnoy napravlenosti [Investigation of qualitative parameters of cream and vegetative spread of functional orientation]. Agrarnyy vestnik Urala [Agrarian Messenger of the Urals]. 2013. Vol.1(107). pp. 37–38.
20. Lisitsyn. A.N. Ibragimova A.Z. Slivochno-rastitelnyy spred. obogashchenny vitaminsinteziruyushchey mikrofloroy [Creamy-vegetative spread enriched with vitamin synthesizing microflora]. Pererabotka moloka [Processing of milk]. 2006, № 5, pp. 52–54.
21. Sergeyev V.N. Ibragimova A.Z., Shamrayeva N.D. i dr. Obogashcheniye spredov vitaminsinteziruyushchey mikrofloroy [Enrichment of spreads with vitamin synthesizing microflora]. Syrodelye i maslodelye [Cheese-making and butter making]. 2005, Vol.5, pp. 45–46.
22. Topnikova. E.V., Nikitina Yu.V., Karavayeva E.Yu., Pavlova T.A. Obogashcheniye produktov maslodeliya funktsionalnymi ingrediyehtami [Enrichment by products of buttermaking with functional ingredients]. Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konf. «Obespecheniye kachestva i khranimosposobnosti produktov syrodeliya i maslodeliya v sovremennykh usloviyakh» [Materials of the International Scientific and Practical Conf. “Ensuring the quality and shelf-life of the products of cheese and butter in the modern conditions]. Uglich, 2011, pp. 125–131.
23. Samoylov. A.V., Kochetkova A.A., Severinenko S.M., Kunts B. Razrabotka spredov funktsionalnogo naznacheniya. soderzhashchikh stabilizirovannyye sinbiotiki [Development of functional-purpose spreads containing stabilized synbiotics]. Sbornik materialov nauchnogo seminara stipendiatov programmy «Mikhail Lomonosov» [Collection of materials of the scientific seminar of scholarship holders of the program “Mikhail Lomonosov”]. Moscow, 2008, pp.185–187. (In Russian).
24. Kochetkova. A.A., Ipatova L.G., Samoylov A.V., Severinenko S.M., Netraditsionnoye ispolzovaniye sinbioticheskikh kompleksov [Non-traditional use of synbiotic complexes] / Materialy pyatoy Mezhdunarodnoy konferentsii «Maslozhirovoy kompleks Rossii» [Mat. 5th Int. «Conf Fat and oil complex of Russia»]. Moscow, 2008, pp. 126–131. (In Russian).
25. Dorozhkina T.P., Shubina O.G. Novyye vidy funktsionalnykh spredov [New kinds of functional spreads]. Masla i zhiry [Oils and Fats]. Vol. 6, 2008, p.6. (In Russian).
26. Bodnarchuk O.V., Kigel N.F. Yakist kislovershkovikh sprediv. vigotovlenikh metodom peretvorenniya zhirovoi sumishi [The quality of sourcream spreads made by the method of transforming the fatty mixture]. Naukoviy visnik Lvivskogo natsionalnogo universitetu veterinarnoї meditsini ta biotekhnologiy im. S.Z. Gzhitskogo [Scientific herald of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnology named after S.Z.Gzhytskyi]. Lvov, 2016, Vol.18. №1(65), pp. 26–32. (In Ukrainian).
27. GOST 3624-92 Moloko i molochnyye produkty. Titrimetricheskiye metody opredeleniya kislotnosti [State Standard 3624-92. Milk and dairy products. Titrimetric methods for determining acidity]. 1992, 8 p.
28. Inikhov G.S. Biokhimiya moloka i molochnykh produktov [Biochemistry of milk and dairy products]. Moscow, Pishchevaya promyshlennost Publ., 1970, 423 p.
29. GOST 10444.11-89 Produkty pishchevye. Metody opredeleniya molochnokislykh mikroorganizmov [State Standard 10444.11-89. Food products. Methods of determination of lactic acid microorganisms]. 2009, 14 p.
30. DSTU 7357:2013 Moloko ta molochni produkty. Metody mikrobiolohichnoho kontrolyuvannya [State Standart 7357:2013 Milk and dairy products. Methods of microbiological control]. Kiev, UkrCSM Publ., 2013. 15p.

31. DSTU 8447-2015 Produkty kharchovi. Metod vyznachennya drizhdzhiv i plisenevykh hrybiv [State Standart Food products. Method for determining yeast and mildew mushrooms]. Kiev, UkrCSM Publ., 2015. 15p.
32. Vitaminye resursy i ikh ispolzovaniye. Metody opredeleniya vitaminov [Vitamin resources and their use. Methods for the determination of vitamins]. Publishing house of the USSR Academy of Sciences. Moscow, 1995.
33. Panchenko V.G. Vchera, segodnya, zavtra ukrainskogo natsional'nogo pitaniya [Yesterday, today, tomorrow Ukrainian national food. Health lessons]. Dnepropetrovsk. Thresholds, 2004, 274 p.
34. Lanciotti R., Patrignani F., Bagnolini F., Guerzoni M. E., Gardini F. Evaluation of diacetyl antimicrobial activity against *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes* and *Staphylococcus aureus*. Food Microbiology, 2003, Vol. 20, no 5, p.p. 537–543.
35. Holo H., Faye T., Brade D.A. Bacteriocins of propionic acid bacteria. Le Lait, Vol. 82. 2002, no 1, pp. 59–68.

**Информация об авторах**

*Боднарчук Оксана Васильевна* – кандидат технических наук, главный научный сотрудник отдела молочных продуктов, Институт продовольственных ресурсов Национальной академии аграрных наук (ул. Е. Сверстюка, 4а, г. Киев, 02002, Украина). E-mail: *dnistranka@i.ua*

**Information about authors**

*Bondarchuk Oksana V.* – Ph. D. (Technical). The Institute of Food Resources, NAAN (E. Sverstyuka Street, 4a, Kiev, 02002, Ukraine). E-mail: *dnistranka@i.ua*

### **РЕДАКЦИЯ ПРИНОСИТ СВОИ ИЗВИНЕНИЯ ЗА ДОПУЩЕННУЮ НЕТОЧНОСТЬ В ИНФОРМАЦИИ ОБ АВТОРАХ К СТАТЬЕ:**

Дымар, О.В. Разработка маркетинговой стратегии трансфера разработок в области мембранных технологий в Республике Беларусь / О.В. Дымар, С. Кахановская, А. Меркель // Пищевая промышленность: наука и технологии. – 2018. – № 4. – С. 104–110.

Информацию об авторах читать в следующей редакции:

**Информация об авторах**

*Дымар Олег Викторович* – доктор технических наук, доцент, главный научный сотрудник РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию», технический директор представительства АО «MEGA a.s.», г. Минск, Республика Беларусь. E-mail: *dymarov@tut.by*

*Кахановская Софья Александровна* – студент Учреждение образования «Белорусский государственный университет», г. Минск, Республика Беларусь. E-mail: *kahansofi@mail.ru*

*Меркель Артур* – научный сотрудник MemBrain s.r.o, г. Страж под Ральскем, Чешская Республика. E-mail: *Arthur.Merkel@membrain.cz*

**Information about authors**

*Dymar Oleg V.* – ing., Ph.D, doctor of Technical sciences, assistant professor, Chief Researcher of RUE “Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus”, technical director in the representative office “MEGA a.s.” (Czech Republic) in the Republic of Belarus. E-mail: *dymarov@tut.by*

*Kakhanovskaya Sofiya A.* – student of Belarusian State University, Minsk, Republic of Belarus. E-mail: *kahansofi@mail.ru*

*Merkel Arthur* – engineer MemBrain s.r.o, Straz pod Ralskem, Czech Republic. E-mail: *Arthur.Merkel@membrain.cz*