

Министерство образования  
и науки Российской Федерации  
Кемеровский государственный  
университет

**ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ  
ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ**

(FOOD PROCESSING:  
TECHNIQUES AND TECHNOLOGY)

**№ 3 (48), 2018**

**Научный журнал**  
Издается с 1998 года

*Учредитель:*

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кемеровский государственный университет» (ФГБОУ ВО «КемГУ»), 650000, Россия, Кемеровская обл., г. Кемерово, Красная, 6

*Адрес редакции и издателя:*

ФГБОУ ВО «КемГУ»  
650000, Россия, Кемеровская обл.,  
г. Кемерово, Красная, 6,  
ауд. 1432г, тел.: +7 (3842) 58-81-19  
http: fptt.ru  
e-mail: fptt98@gmail.com

*Адрес типографии:*

650000, Россия, Кемеровская обл.  
г. Кемерово, пр. Советский, 73

Журнал включен в международные базы данных: AGRIS, FSTA (на платформах Thomson Reuters Web of Science, EBSCOhost и т. д.), ProQuest, CAB, EBSCOhost (Food Science Source), AGRICOLA, ResearchBib, Ulrich's Periodicals Directory.

*Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС77-72313*  
выдано Роскомнадзор.

Дата выхода в свет  
Усл. п. л. 20,9. Уч.-изд. л. 5,31.  
Тираж 100 экз. Заказ №  
Цена свободная.

Выходит 4 раза в год

*Подписной индекс по объединенному каталогу «Пресса России» – 41672*

Ответственный за выпуск  
**А. И. Лосева**

Литературный редактор  
**А. Ю. Курникова**

Литературный редактор (англ. язык)  
**Н. В. Рабкина**

Дизайн и компьютерная верстка  
**М. В. Горбунова**

Материалы публикуются на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

Мнение авторов публикуемых материалов не всегда совпадает с мнением редакции. Ответственность за научное содержание статей несут авторы публикаций.

Кемеровский государственный университет,  
г. Кемерово, Красная, 6  
© КемГУ, 2018

ISSN 2074-9414 (Print)  
ISSN 2313-1748 (Online)

**Главный редактор**

**А. Ю. Просеков**, доктор технических наук, профессор РАН, лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники, Кемеровский государственный университет, Кемерово, Россия.

**Зам. главного редактора**

**А. Н. Петров**, доктор технических наук, академик РАН, Всероссийский научно-исследовательский институт технологии консервирования, Видное, Россия;

**О. О. Бабиц**, доктор технических наук, доцент, Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта, Калининград, Россия.

**Редакционная коллегия:**

**П. П. Баранов**, доктор экономических наук, доцент, Сибирский государственный индустриальный университет, Новосибирск, Россия;

**С. М. Бычкова**, доктор экономических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы РФ, Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Пушкин, Россия;

**А. Л. Верещагин**, доктор химических наук, профессор, почетный работник высшего профессионального образования РФ, Бийский технологический институт (филиал) «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», Бийск, Россия;

**Г. Б. Гаврилов**, доктор технических наук, заслуженный работник пищевой индустрии, Ярославский государственный институт качества сырья и пищевой продукции, Ярославль, Россия;

**А. Г. Галстян**, доктор технических наук, член-корреспондент РАН, Всероссийский научно-исследовательский институт пивоваренной, безалкогольной и винодельческой промышленности, Москва, Россия;

**И. Ф. Горлов**, доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН, заслуженный деятель науки РФ, Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции, Волгоград, Россия;

**Г. М. Гриценко**, доктор экономических наук, профессор, Сибирский научно-исследовательский институт экономики сельского хозяйства Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий РАН, Новосибирская обл., Россия;

**Г. В. Гуринович**, доктор технических наук, профессор, Кемеровский государственный университет, Кемерово, Россия;

**Н. И. Дунченко**, доктор технических наук, профессор, почетный работник высшего профессионального образования РФ, Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия;

**В. П. Зотов**, доктор экономических наук, профессор, Кемеровский государственный университет, Кемерово, Россия;

**Т. А. Краснова**, доктор технических наук, профессор, заслуженный эколог РФ, почетный работник высшего профессионального образования РФ, Кемеровский государственный университет, Кемерово, Россия;

**В. Г. Лобанов**, доктор технических наук, профессор, почетный работник высшего профессионального образования РФ, Кубанский государственный технологический университет, Краснодар, Россия;

**Г. О. Магомедов**, доктор технических наук, профессор, почетный работник высшего профессионального образования РФ, Воронежский государственный университет инженерных технологий, Воронеж, Россия.

**Л. А. Маюрникова**, доктор технических наук, профессор, почетный работник высшего профессионального образования РФ, Кемеровский государственный университет, Кемерово, Россия;

**Л. А. Остроумов**, доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники, лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники, Кемеровский государственный университет, Кемерово, Россия;

**В. М. Позняковский**, доктор биологических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, почетный работник высшего профессионального образования РФ, Кемеровский государственный сельскохозяйственный институт, Кемерово, Россия;

**В. А. Помозова**, доктор технических наук, профессор, Кемеровский государственный университет, Кемерово, Россия;

**Л. В. Терещук**, доктор технических наук, профессор, Кемеровский государственный университет, Кемерово, Россия;

**С. Л. Тихонов**, доктор технических наук, профессор, Уральский государственный экономический университет, Екатеринбург, Россия;

**С. Н. Хабаров**, доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН, лауреат Государственной премии СССР в области науки и техники, заслуженный деятель науки Российской Федерации, Научно-исследовательский институт садоводства Сибири имени М.А. Лисавенко – отдел ФГБНУ «Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий», Барнаул, Россия;

**Р. А. Ханферьян**, доктор медицинских наук, профессор, Российский университет дружбы народов, Москва, Россия;

**А. Г. Храпцов**, доктор технических наук, академик РАН, заслуженный деятель науки РФ, лауреат премии Правительства РФ, Северо-Кавказский федеральный университет, Ставрополь, Россия;

**В. Г. Шелепов**, доктор сельскохозяйственных наук, член-корреспондент РАН, Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН, Новосибирск, Россия;

**Геста Людвиг Винберг**, доктор, доцент, Каролинский институт, Стокгольм, Швеция;

**Марко Тиман**, профессор, университет Tun Abdul Razak, Куала-Лумпур, Малайзия, университет Malaysia Pahang, Паханг, Малайзия.

**Хусейн Сахин**, доктор биохимических наук, профессор, университет Гиресун, Гиресун, Турция.

## СОДЕРЖАНИЕ

<i>Храмцов А. Г.</i> Инновационные разработки в использовании молочной сыворотки.....	5
<b>ТЕХНОЛОГИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ</b>	
<i>Баженова Б. А., Забалуева Ю. Ю., Данилов М. Б., Вторушина И. А., Бадмаева Т. М.</i> Мясо яков, как перспективное сырье для производства мясопродуктов.....	16
<i>Выборнова Т. В., Шарова Н. Ю., Принцева А. А.</i> Исследование влияния низких температур на сохранение жизнеспособности штаммов <i>Streptomyces</i> в процессе хранения.....	34
<i>Гуринович Г. В., Санников П. В., Патракова И. С.</i> Исследование процессов окисления комбинированных мясных систем с мясом птицы и льняной мукой.....	41
<i>Новиков Ю. И., Баева Д. Р.</i> Зерновой экспорт как фактор устойчивого развития сельских территорий Омской области.....	50
<i>Крылова Э. Н., Савенкова Т. В., Руденко О. С., Маврина Е. Н.</i> Использование молочного белка в производстве жележных изделий.....	58
<i>Сухих С. А., Лукин А. А., Голубцова Ю. В.</i> Изучение эффективности действия антибактериального препарата для хранения кисломолочных продуктов.....	65
<i>Макаров С. С., Макаров С. Ю., Панасюк А. Л.</i> Влияние различных технологических факторов на состав антоцианов при производстве вина из черной смородины.....	72
<i>Осинцев А. М., Брагинский В. И., Рынк В. В., Чеботарев А. Л.</i> Особенности коагуляции молока и его заменителей на основе растительных компонентов.....	81
<i>Позднякова О. Г., Егушова Е. А., Тыщенко Е. А.</i> Разработка технологии производства кондитерских изделий функционального назначения.....	90
<i>Романчиков С. А.</i> Технология интенсификации производства макаронных изделий с использованием ультразвукового воздействия и инфракрасного излучения.....	96
<i>Смирнов С. О., Фазуллина О. Ф.</i> Разработка рецептуры и технологии получения биологически активной добавки к пище с использованием природных компонентов.....	105
<i>Терещук Л. В., Старовойтова К. В.</i> Высокоэффективные методы модификации жиров для применения в составе молокосодержащих продуктов.....	115
<b>ПРОЦЕССЫ, ОБОРУДОВАНИЕ И АППАРАТЫ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ</b>	
<i>Гербер Ю. Б., Гаврилов А. В., Вербицкий А. П.</i> Исследование предварительного подогрева теплоносителя комплексным энергозамещающим устройством в тепловых процессах переработки молока.....	124
<i>Короткая Е. В., Короткий И. А., Учайкин А. В.</i> Особенности очистки воды разделительным вымораживанием для производства восстановленного молока.....	133
<b>СТАНДАРТИЗАЦИЯ, СЕРТИФИКАЦИЯ, КАЧЕСТВО И БЕЗОПАСНОСТЬ</b>	
<i>Белякова З. Ю.</i> Современные правовые формы обеспечения производства и оборота органической продукции.....	140
<i>Мизанбекова С. К., Богомолова И. П., Шатохина Н. М., Богомолов А. В.</i> Инновационные решения в управлении качеством продукции мукомольных предприятий.....	152
<i>Семенова А. А., Насонова В. В., Ревуцкая Н. М., Трифионов М. В.</i> Достижения и перспективы развития полимерной упаковки мяса и полуфабрикатов.....	161
<b>ИНФОРМАЦИЯ</b>	
Порядок рассмотрения и рецензирования.....	175
Требования к оформлению статьи.....	175

The Ministry of Education and  
Science of the Russian  
Federation

Kemerovo State University

**FOOD PROCESSING:  
TECHNIQUES AND  
TECHNOLOGY**

**No. 3, Vol. 48, 2018**

**Scientific Journal**

Issued since 1998

Publishing editor

**A.I. Loseva**

Script editor

**A.Yu. Kurnikova**

Script editor (Eng)

**N.V. Rabkina**

Layout of magazine

**M.V. Gorbunova**

Issued 4 times a year

ISSN 2074-9414 (Print)

ISSN 2313-1748 (Online)

*Founder and publisher:*

“Kemerovo State University” (KemSU)  
room 1432G, 6, Krasnaya Str., Kemerovo,  
650000, Russia  
Phone: +7(3842) 58-81-19  
http: fptt.ru  
e-mail: fptt98@gmail.com

*Printing Office:*

Sovetskiy Ave. 73, Kemerovo,  
650000, Russia

The Journal is included in the International  
Databases: AGRIS, FSTA (on platforms  
Thomson Reuters Web of Science, EBSCOhost,  
etc.), ProQuest, CABI, EBSCOhost (Food  
Science Source), AGRICOLA, ResearchBib,  
Ulrich's Periodicals Directory.

*The certificate of mass media registration  
is PI № FS 77-72313 of 01 February 2018  
Given by the Roskomnadzor*

Date of issue

Printed sheet 20,9.

Conventional printed sheet 5,31.

Circulation 100 cop. Order №

Open price.

*Subscription index for the unified «Russian  
Press» catalogue – 41672*

All articles are published and distributed  
under the terms of the Creative Commons  
Attribution 4.0 International Public  
License (CC BY 4.0).

Opinions of the authors of published materials  
do not always coincide with the editorial staff's  
viewpoint. Authors are responsible for the  
scientific content of their papers.

Kemerovo State University (KemSU), 6,  
Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia  
© 2018, KemSU

ISSN 2074-9414 (Print)

ISSN 2313-1748 (Online)

**Editor-in-Chief**

**Alexander Yu. Prosekov**, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Russian Academy of Sciences, Winner of the Russian Federation National Awards in Science and Engineering, Kemerovo State University, Kemerovo, Russia.

**Deputy Chief Editor**

**Andrey N. Petrov**, Doctor of Technical Sciences, Academician of the Russian Academy of Sciences, All-Russian Scientific Research Institute of Canned Food Technology, Vidnoe, Russia;  
**Olga O. Babich**, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russia.

**Editorial Board**

**Pavel P. Baranov**, Doctor of Economic Sciences, Associate Professor, Siberian State Industrial University, Novosibirsk, Russia;

**Svetlana M. Bychkova**, Doctor of Economic Sciences, Professor, Honored Worker of Higher School of Russia, St. Petersburg State Agrarian University, Pushkin, Russia;

**Alexander L. Vereshchagin**, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Honored Worker of Higher Professional Education of the Russian Federation, Biysk Technological Institute, Branch of I.I. Polzunov Altai State Technical University, Biysk, Russia;

**Gavriil B. Gavrilov**, Doctor of Technical Sciences, Honored Worker of Food Industry, Yaroslavl State Institute of Quality of Raw Materials and Food Products, Yaroslavl, Russia;

**Aram G. Galstyan**, Doctor of Technical Sciences, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, All-Russian Research Institute of Brewing, Nonalcoholic and Wine Industry, Moscow, Russia;

**Ivan F. Gorlov**, Doctor of Agricultural Sciences, Academician of the Russian Academy of Sciences, Honored Scientist of the Russian Federation, Povolzhsky Research Institute of Production and Processing of Meat and Dairy Products, Volgograd, Russia;

**Galina M. Gritsenko**, Doctor of Economics Sciences, Professor, Siberian Federal Research Center for Agrobiotechnologies, Siberian Research Institute of Agricultural Economics, Barnaul, Russia;

**Galina V. Gurinovich**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Kemerovo State University, Kemerovo, Russia;

**Nina I. Dunchenko**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Honored Worker of Higher Professional Education of the Russian Federation, Timiryazev Russian State Agrarian University, Moscow Agricultural Academy, Moscow, Russia;

**Victor P. Zotov**, Doctor of Economic Sciences, Professor, Kemerovo State University, Kemerovo, Russia;

**Tamara A. Krasnova**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Honored Ecologist of the Russian Federation, Honored Worker of Higher Professional Education of the Russian Federation, Kemerovo State University, Kemerovo, Russia;

**Vladimir G. Lobanov**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Honored Worker of Higher Professional Education of the Russian Federation, Kuban State Technological University, Krasnodar, Russia;

**Gazibeg O. Magomedov**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Honored Worker of Higher Professional Education of the Russian Federation, Voronezh State University of Engineering Technology, Voronezh, Russian;

**Larisa A. Mayurnikova**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Honored Worker of Higher Professional Education of the Russian Federation, Kemerovo State University, Kemerovo, Russia;

**Lev A. Ostroumov**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Honored Worker of Science and Engineering, a recipient of the Russian Federation Government Prize in the Domain of Science and Engineering, Kemerovo State University, Kemerovo, Russia;

**Valeriy M. Poznyakovskiy**, Doctor of Biological Sciences, Professor, Honored Scientist of the Russian Federation, Honorary Worker of Higher Vocational Education of the Russian Federation, Kemerovo State Agricultural Institute, Kemerovo, Russia;

**Valentina A. Pomezova**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Kemerovo State University, Kemerovo, Russia;

**Lubov V. Tereshchuk**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Kemerovo State University, Kemerovo, Russia;

**Sergei L. Tikhonov**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Ural State University of Economics, Yekaterinburg, Russia;

**Stanislav N. Khabarov**, Doctor of Agricultural Sciences, Academician of the Russian Academy of Sciences, Laureate of the State Award of the USSR in the field of science and technology; Honored Scientist of the Russian Federation, M.A.Lisavenko Center for Industrial Technologies at the Russian Academy of Agriculture, Barnaul, Russia;

**Roman A. Khanferyan**, Doctor of Medical Sciences, Professor, Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russia;

**Andrey G. Khrantsov**, Doctor of Technical Sciences, Academician of the Russian Academy of Sciences, Honored Worker of Science of the Russian Federation; Laureate of the State Award of the Russian Federation, North-Caucasian Federal University, Stavropol, Russia;

**Victor G. Shelepov**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Siberian Federal Scientific Center for Agrobiotechnologies, Novosibirsk, Russia;

**Gösta Winberg**, Doctor, Associate Professor, Karolinska Institutet, Stockholm, Sweden;

**Marco Tieman**, Professor, Universiti Tun Abdul Razak, Kuala Lumpur, Malaysia, Universiti Malaysia Pahang, Pahang, Malaysia;

**Huseyin Sahin**, PhD (Honours) in Biochemistry, professor, Giresun University, Espiye Vocational School, Giresun, Turkey.

## CONTENTS

<i>Khramtsov A.G.</i> Innovative Solutions in Milk Whey Production.....	5
<b>FOOD PRODUCTION TECHNOLOGY</b>	
<i>Bazhenova B.A., Zabalueva Yu.Yu., Danilov M.B., Vtorushina I.A., Badmaeva T.M.</i> Yak Meat as a Lucrative Raw Material for Meat Products.....	16
<i>Vybornova T.V., Sharova N.Yu., Printseva A.A.</i> Low-Temperature Storage and the Viability Preservation of <i>Streptomyces</i> .....	34
<i>Gurinovich G.V., Sannikov P.V., Patrakova I.S.</i> Oxidation Processes of Combined Meat Systems with Poultry Meat and Flaxseed Flour.....	41
<i>Novikov Yu.I., Baetova D.R.</i> Grain Export as a Factor of Sustainable Development of Rural Territories of the Omsk Region.....	50
<i>Krylova E.N., Savenkova T.V., Rudenko O.S., Mavrina E.N.</i> The Use of Milk Protein in the Production of Jelly Products.....	58
<i>Sukhikh S.A., Lukin A.A., Golubtsova Yu.V.</i> Efficacy of Antimicrobials in Fermented Milk Storage.....	65
<i>Makarov S.S., Makarov S.Yu., Panasyuk A.L.</i> Influence of Various Technological Factors on the Composition of Anthocyanins in Black Currant Wine Production.....	72
<i>Osintsev A.M., Braginsky V.I., Rynk V.V., Chebotarev A.L.</i> Specifics of Milk and Plant-Based Milk-Like Products Coagulation.....	81
<i>Pozdnyakova O.G., Egushova E.A., Tyshchenko E.A.</i> Functional Confectionery Products: Development of Production Process.....	90
<i>Romanchikov S.A.</i> Ultrasound and Infrared Radiation in Pasta Production.....	96
<i>Smirnov S.O., Fazullina O.F.</i> Formula and Technology Development for Obtaining Biologically Active Natural Food Additives.....	105
<i>Tereshchuk L.V., Starovoytova K.V.</i> Highly Effective Methods of Modification of Fats in Milk-Containing Products.....	115
<b>PROCESSES, EQUIPMENT, AND APPARATUS FOR FOOD PRODUCTION</b>	
<i>Gerber Yu.B., Gavrilov A.V., Verbitsky A.P.</i> Thermal Treatment in Milk Processing: Using a Complex Energy-Substitution Equipment during Preliminary Water Heating.....	124
<i>Korotkaya E.V., Korotkiy I.A., Uchaykin A.V.</i> Water Purification by Separate Freezing in Reconstituted Milk Production.....	133
<b>STANDARDIZATION, CERTIFICATION, QUALITY AND SAFETY</b>	
<i>Belyakova Z.Yu.</i> Organic products: the Current Legal Forms of Production and Turnover Support.....	140
<i>Mizanbekova S.K., Bogomolova I.P., Shatohina N.M., Bogomolov A.V.</i> Innovative Decisions in the Production Quality Control of Flour Milling.....	152
<i>Semenova A.A., Nasonova V.V., Revutskaya N.M., Trifonov M.V.</i> Achievement and Future Developments of Polymer Materials for Meat and Semi-Finished Products.....	161
<b>INFORMATION</b>	
The procedure for article consideration and review.....	175
Requirements for the article formatting.....	175

## Инновационные разработки в использовании молочной сыворотки

А. Г. Храмцов 

Дата поступления в редакцию: 18.07.2018  
Дата принятия в печать: 20.09.2018

Северо-Кавказский федеральный университет,  
355009, Россия, г. Ставрополь, ул. Пушкина, 1

e-mail: [akhramtcov@ncfu.ru](mailto:akhramtcov@ncfu.ru)



© А. Г. Храмцов, 2018

**Аннотация.** В статье, на принципах безотходной технологии в систематизированном и персонифицированном видах, изложены некоторые научно-практические результаты деятельности ведущей научной школы федерального уровня 7510.2010.4 «Живые Системы» при Северо-Кавказском федеральном университете (СКФУ) в парадигме Технологического Прорыва на примере универсального сельскохозяйственного сырья животного происхождения – тривиальной молочной сыворотки. Полное использование всех компонентов молочной сыворотки – сухие концентраты; компоненты – высококачественная лактоза; производные – пребиотики с акцентом по лактулозе и кондиционирование молочного сырья до технологической обработки.

**Ключевые слова.** Безотходная технология, молочная промышленность, технологический прорыв, сухая молочная сыворотка, лактоза, лактулоза термизация, пребиотики

**Для цитирования:** Храмцов, А. Г. Инновационные разработки в использовании молочной сыворотки / А. Г. Храмцов // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 3. С. 5–15. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-3-5-15>.

Informational publication

Available online at <http://fppt.ru/>

## Innovative Solutions in Milk Whey Production

A.G. Khramtsov 

Received: July 18, 2018  
Accepted: September 20, 2018

North-Caucasus Federal University,  
1, Pushkin Str., Stavropol, 355009, Russia

e-mail: [akhramtcov@ncfu.ru](mailto:akhramtcov@ncfu.ru)



© A.G. Khramtsov, 2018

**Abstract.** The paper features some practical and theoretical achievements made by the federal level Scientific school of Living Systems (7510.2010.4) headquartered at the North-Caucasus Federal University. The article describes the principles of non-waste technology in milk whey production. The sustainable use of milk whey presupposes its conditioning before technological processing. Moreover, all components of milk whey are put into use: concentrates, high-quality lactose, and such derivatives as prebiotics, especially lactulose.

**Keywords.** Sustainable technology, dairy industry, technological breakthrough, whey powder, lactose, lactulose, termination, prebiotics

**For citation:** Khramtsov A.G. Innovative Solutions in Milk Whey Production. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2018, vol. 48, no. 3, pp. 5–15. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-3-5-15>.

### Введение

Проблемы модернизации пищевой индустрии России в целом и молочной отрасли АПК в частности, являются исторически (более 40 лет – СтПИ, СКГТУ, СевКавГТУ, н/в СКФУ) приоритетными для нашего сложившегося творческого коллектива, который официально зарегистрирован на федеральном уровне под брендом «Живые Системы» в виде ведущей научной школы №7510.2010.4.

В статье, с учетом фактора временной логистики, изложены некоторые результаты исследований в области молочного дела на примере (по академику Н. Н. Липатову [1] «универсального сельскохозяйственного сырья» теперь + «животного происхождения») тривиальной для отрасли молочной сыворотки.

*При этом учитывался фактор времени.* Прежде всего – актуальность и неизбежность технологического прорыва всех отраслей экономики Российской Федерации (РФ), которая в системном виде четко сформулирована в выступлении Президента РФ Путина В. В. на Совете ректоров ВУЗов России (24.04.2018 г. Санкт-Петербург) [2]. Следует отметить и подчеркнуть, что все положения по технологическому прорыву полностью соответствуют реализации основополагающей цели Указа Президента РФ № 204 от 07.05.18 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» [3]. В первом пункте Указа предусмотрено создание в аграрно-промышленном комплексе высокопроизводительного экспортно-

ориентированного сектора, развивающегося на основе современных технологий и обеспеченного высококвалифицированными кадрами. В пункте 7 Указа (разработка национального проекта в сфере экологии) содержится конкретизация тематики нашего журнала (ждет постоянной рубрики) – «применение всеми объектами, оказывающими значительное негативное воздействие на окружающую среду, системы экологического регулирования, основанной на использовании **наилучших доступных технологий** (выделено нами)» [4–7].

В результате альтернативной выборки для изложения в рамках допустимого объема информации, выбраны инновационные приоритеты по полному использованию всех компонентов сухого остатка молочной сыворотки (сухие концентраты); получение компонентов на примере высококачественной лактозы и синтез производных, как генеральная линия, по нашему мнению, возможного Технологического Прорыва [8] молочной отрасли пищевой индустрии АПК в плане грядущего (нового – шестого) Технологического Уклада [9]. Информация персонифицирована с интригующим изложением для притягательного сопровождения инноваций и возможного масштабирования в отрасли.

#### **Объекты и методы исследования**

**Научная школа** (для нас *творческий коллектив*) «Живые Системы» института живых систем Северо-Кавказского федерального университета имеет более 100 научных разработок по рациональному использованию сельскохозяйственного сырья в продуктах функционального питания и кормовых средствах нового поколения – про-, пре- и синбиотики (**биопродукты «зеленой корзины»**). Около 50 брендов востребовано в отрасли. Экономический потенциал разработок превышает 10 млрд руб. в год (экономия тысяч тонн мяса, млн тонн молока) с экологической составляющей и социальной направленностью. Например, десятки мясных изделий (РФ), молочный сахар (РФ), завод лактозы в Балте (Украина), лактулоза (РФ и Беларусь), деминерализованная сухая сыворотка (Кубань, Кемерово, Алтай, зарубежье), сырки глазированные «Здоровое Питание» (МКС), сыр «Адыгейский Альпийский» (Черкесск), инновационные продукты из козьего молока (РФ, Ставрополье, в т.ч. фермерские хозяйства) и др.

**Научное кредо (багаж):** более 50 брендов (проекты, бизнес-планы, НТД), адаптированных к ТР, ВТО, ЕЭС; тысячи публикаций, сотни патентов, диссертации, серия трудов, учебники, учебные пособия, научно-методические указания.

**Кадровый потенциал: доктора наук (12, в т.ч. 11 воспитанники СКФУ) от 30 до 75 лет (сплав опыта, мудрости и перспективы), кандидаты наук (60), аспиранты (35), докторанты (5), соискатели отрасли (10), студенты (специалитет, магистры, бакалавры ИЖС – более 1000).** Номинации: Заслуженный деятель науки Российской Федерации (2), лауреаты премии Правительства Рос-

сийской Федерации в области науки и техники (4), Заслуженные и Почетные работники высшего образования (6), лауреаты ВДНХ, ВВЦ, салонов инноваций и инвестиций.

**Признание в отрасли (пищевой индустрии) на федеральном уровне** – премия Правительства РФ за синтез и внедрение **отечественного пребиотика лактулозы** (№ 1 в мире) в области науки и техники; действующий Диссертационный Совет Д.212.245.05 на постоянной основе – три созыва; аспирантура; докторантура; адаптация результатов НИР в учебнике и учебных пособиях с грифом УМО Минвуза РФ.

**Международный имидж** – Симпозиум Международной молочной Федерации «Лактоза и ее производные» (Россия, г. Москва, май 2007), Мега-Профлайн (РФ + Чехия) и др. (всего более 20 наименований).

**Подтверждение лидерства (признание)** – членство в Молочном Союзе России (на бесплатной основе – как исключение) и НОУ «Образовательный центр при ВНИМИ» – федеральный уровень; учредители и члены НОЦ «Молоко Юга России» – региональный уровень; участие в программах АНРФ (Южное Отделение); три эксперта в Комитетах ММФ (пока единственные от Минвуза); проведение Международных Семинаров, школ и конференций (2004, 2006, 2007, 2009 и 2009 на базе СКФУ); Международное сотрудничество по договорам, намерениям и обмену (более 50 наименований); позиционирование в Международных и Российских рейтингах: номинанты международных справочников «Кто есть кто – выдающиеся ученые мира», «5000 выдающихся имен», «2000 выдающихся имен», «Лучшие люди России», «Золотые циклы», «Видные химики».

**Инновационные приоритеты (перспектива)** – реализация Концепции нано-, био-, мембранных и биомембранных технологий продуктов питания и кормовых средств нового поколения (кластерный уровень с использованием энергии системы); участие в реализации Концепции социально-экономического развития РФ и регионов до 2020 г.; формирование технологической платформы антикризисных мер для АПК; международная презентация НОЦ нано-, био-, мембранных технологий; внедрение инноваций с достойным инвестированием, импортозамещением и экспортоориентированием для обеспечения **продовольственной безопасности России, ЮФО и Ставрополья.**

Из множества инноваций (отчеты НИР и акты внедрения – 1000 наименований), дипломных работ (более 5000) и диссертаций (около 200) выбраны пять направлений, которые наиболее четко отражают концептуальную направленность поисков – полное использование сельскохозяйственного сырья на принципах безотходной технологии, извлечение компонентов и синтез их производных для продуктов функционального назначения и кормовых средств нового поколения.

#### **Результаты и их обсуждение**

Безусловно, полное использование имеющихся ресурсов молочной сыворотки наиболее

целесообразно для получения линейки тонирующих напитков широкого ассортимента под брендом проф. Н. В. Заворохиной – «Молочная сыворотка, продлевающая жизнь» [10], особенно по Стивену Луффу – «иммунитет; антигрипп, даже птичий» [11]. По данной тематике имеется обширная информация, в т.ч. нашего творческого коллектива [12–14]. Однако с точки зрения супер технологий технологического прорыва следует остановиться на получении сухих концентратов неограниченного срока хранения (и использования с учетом пока существующей сезонности получения молочной сыворотки) с реализацией Концепции предложенной нами и принятой отраслью **бионаномембранных технологий** [15, 16].

Творческий коллектив профессор **И. А. Евдокимова** (соруководитель научной школы, мой преемник и продолжатель) блестяще

справился с проблематикой получения сухой деминерализованной молочной сыворотки. Разработка востребована Таможенным Союзом и на мировом уровне [17, 18].

На рис. 1. показана уникальная аппаратурно-процессовая схема с контрольными точками, а в табл. 1. приведен сравнительный состав сухих концентратов молочной сыворотки разного уровня деминерализации. В России и мире процесс масштабирован [19].

Произошел действительный технологический прорыв. Ежегодное производство сухой молочной сыворотки в нашей стране растет невиданными темпами (до 30 %) и превышает 100 000 тонн (ранее завозили даже из Аргентины). Данный феномен – заслуга отрасли и ее профессионалов. Наша задача, совместно с отраслевыми институтами РАН и Минсельхозом, – обеспечить кадровое, научно-

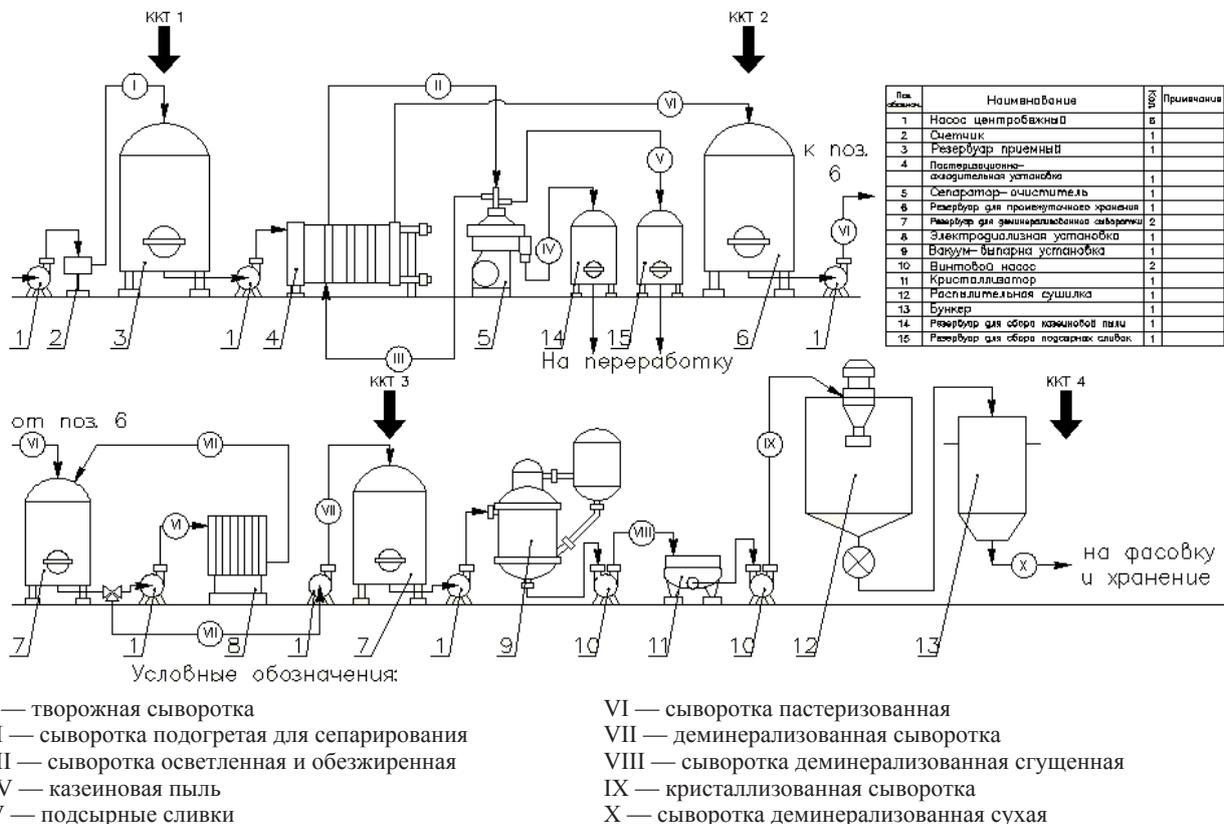


Рисунок 1 – Аппаратурно-процессовая схема производства сухой деминерализованной творожной сыворотки с элементами системы управления качеством (ХАССП)

Figure 1 – The hardware-process scheme for the production of dry demineralized cottage cheese whey with elements of a quality management system

Таблица 1 – Физико-химические показатели сыворотки молочной деминерализованной сухой

Table 1 – Physico-chemical indicators of demineralized dry milk whey

Показатель	Значение показателей для сыворотки деминерализованной						Творожной с уровнем деминерализации 70 %
	Подсырной с уровнем деминерализации, %						
	20	30	40	50	70	90	
Массовая доля влаги, %, не более					4,0		
Массовая доля золы, %, не более	7,2	6,3	5,4	4,5	3,0	1,0	3,8
Титруемая кислотность, °Т, не более	25			20			40
Индекс растворимости, сырого осадка см, не более	0,3						0,5

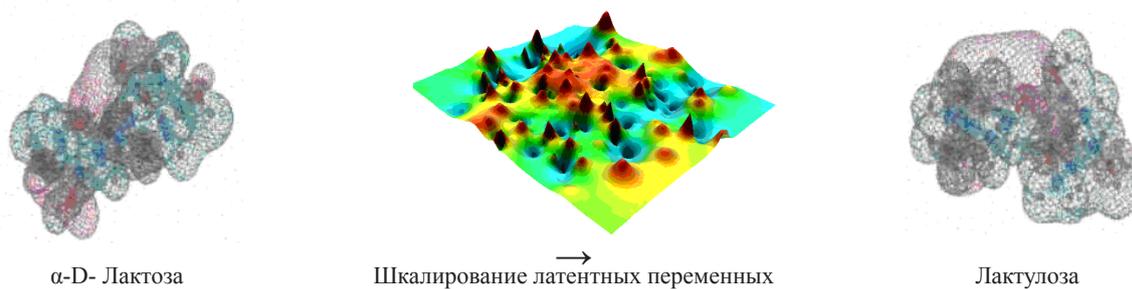
техническое и информационное сопровождение инновации. Ждем отечественного электродиализного и нано-фильтрационного оборудования [20, 21].

Следующая новация этого же творческого коллектива СКФУ со Стратегическим Партнером – молочный комбинат «Ставропольский» (МКС). На паритетных началах (государство – бизнес) и по инициативе ректора СКФУ Левитской А. А. и генерального директора МКС Анисимова С. В. – создание производства высококачественной лактозы (пищевой и фармакопейной) [22]. По нашей отечественной технологии, забытой с советских времен [23] и реанимированной на симпозиуме Международной Молочной Федерации (ММФ) – Россия, Москва, май 2007 [24], молочный комбинат, как птицу-феникс, создает пока единственное и

уникальное производство лактозы с использованием отечественного (создается) и импортного (закуплено) оборудования. Суть инновации опубликована [25]. Надеемся, что Россия вновь станет производителем молочного сахара (лактозы) с полным импортозамещением и возможностью экспорта.

После лактозы (сахара жизни) просится «на свет чудо из молока» – лактулоза.

Профессор С. А. Рябцева с учениками [26–28] и ее продолжатель профессор А. В. Серов [29] обеспечили научно-техническую базу премии Правительства РФ в области науки и техники по производству пребиотика № 1 в мире и его использование в продуктах функционального назначения – напитках (в т. ч. алкогольных), мед- и ветпрепаратах. Работа проведена в содружестве с творческим коллективом



Превращение лактозы в лактулозу со срезом шкалирования по методологии нейронных сетей

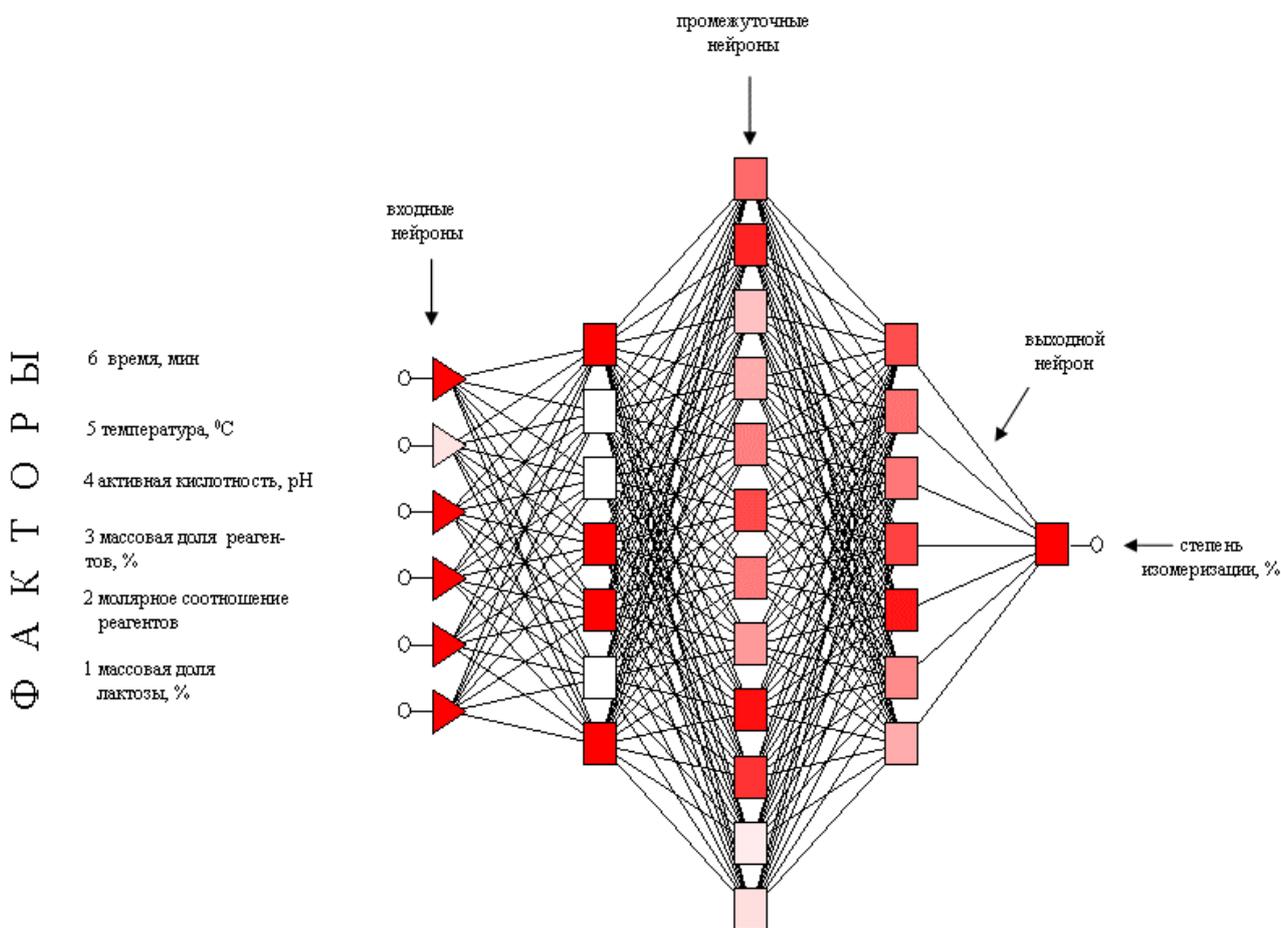


Рисунок 2 – Нейросетевое моделирование и персептрон множественности процесса изомеризации лактозы в лактулозу

Figure 2 – Neural network modeling and perceptron of the multiplicity of the process of isomerization of lactose into lactulose

из 14 человек. Наш коллега доктор технических наук **Г. Б. Гаврилов** обеспечил научное сопровождение инновации, её внедрение [30–32]. А доктор технических наук **Д. В. Харитонов** (Москва, институт РАН ВНИМИ) получил лактулозу в сухом виде [33, 34]. Механизм нейросетевого моделирования и многослойный персептрон процесса изомеризации лактозы в лактулозу приведен на рис. 2.

В табл. 2 произведена выборка из массива виртуальных опытов по изомеризации лактозы в лактулозу комплексным катализатором.

Следует обратить внимание, что по ранее полученным данным реагентной и безреагентной

изомеризации степень превращения лактозы в лактулозу (выход) не превышала 50 %. Теоретически возможный уровень выше 90 %. Таково значение нейросетевого моделирования тривиальных процессов технологии в системе Гипер-Хим, используемый на практике в нашем творческом коллективе (цифровые супертехнологии на протонном уровне с применением лазера).

Профессор **С. А. Емельянов**, используя биотехнологическую платформу генетики, научно обосновал и практически разработал систему кондиционирования молочного сырья до технологической обработки в условиях

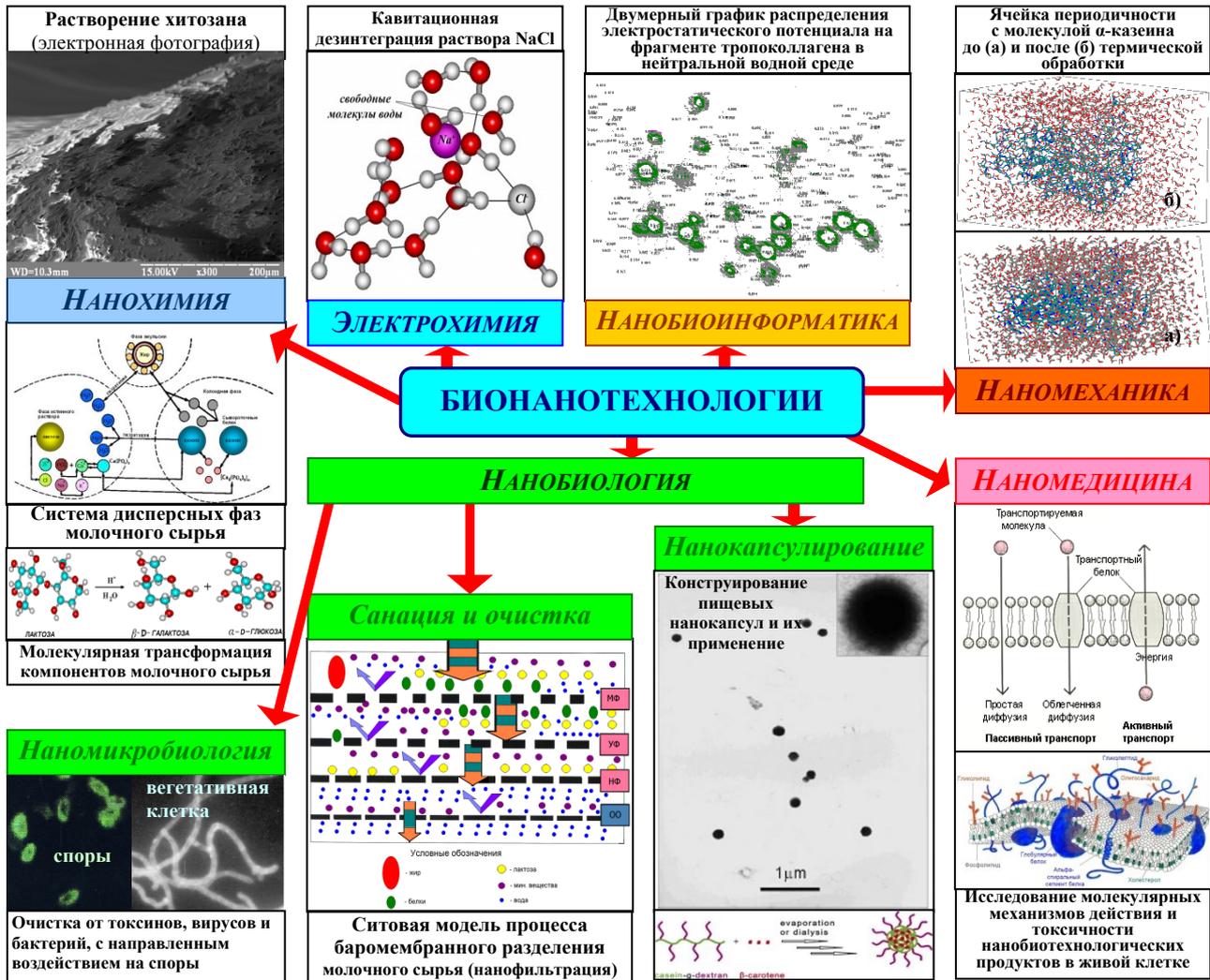
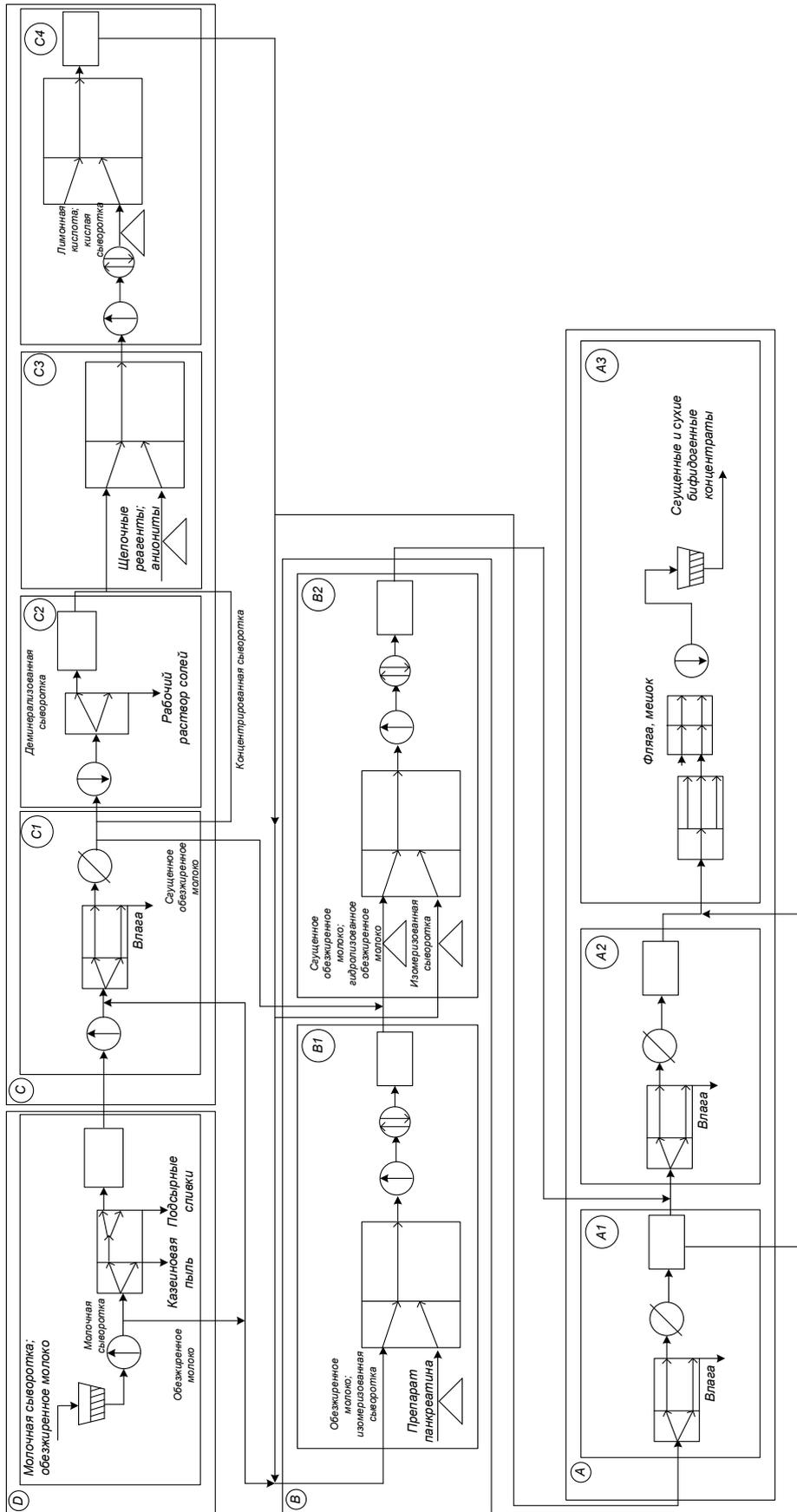


Рисунок 3 – Инновационные бионаномембранные технологии пищевых производств  
Figure 3 – Innovative bionanomembrane food production technologies

Таблица 2 – Выборка из массива виртуальных опытов по изомеризации лактозы в лактулозу комплексным катализатором  
Table 2 – Sample from the array of virtual experiments on the isomerization of lactose into lactulose with a complex catalyst

Опыт	Лактоза, %	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> /лактоза	Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	pH	T °C	Время	Выход
1	48,92142	1,761295	2,276101	11,95653	66,99793	26,16765	95,28877
20	40,72835	1,8478	4,665853	11,8426	68,47873	11,20654	93,66193
40	31,02365	1,872706	1,756898	11,40414	64,19588	48,46972	91,5519
50	49,99214	1,702686	3,931825	11,69242	72,06526	12,75055	90,46055
60	19,37833	1,873551	4,559601	11,5751	55,6818	47,69055	89,69267
120	15,05969	1,882083	4,195977	11,18283	73,1721	43,92593	84,95797



D – Молочная сыворожка; обезжиренное молоко / Milk whey; skimmed milk  
 C1 – Влага / Moisture  
 C2 – Деминерализованная сыворожка / Demineralized whey  
 C3 – Щелочные реагенты; аниониты / Alkaline reagents; anion exchangers  
 C4 – Лимонная кислота; кислая сыворожка / Citric acid; sour whey  
 B1 – Обезжиренное молоко; изомеризованная сыворожка / Skimmed milk; isomerized whey  
 B2 – Ступенное обезжиренное молоко; гидролизованное обезжиренное молоко / Staged skimmed milk; hydrolyzed skimmed milk  
 A1 – Влага / Moisture  
 A2 – Фляга, мешок / Casein dust  
 A3 – Сушеные и сухие бифидогенные концентраты / Dry bifidogenic concentrates

D – Молочная сыворожка; обезжиренное молоко / Milk whey; skimmed milk  
 C1 – Влага / Moisture  
 C2 – Деминерализованная сыворожка / Demineralized whey  
 C3 – Щелочные реагенты; аниониты / Alkaline reagents; anion exchangers  
 C4 – Лимонная кислота; кислая сыворожка / Citric acid; sour whey  
 B1 – Обезжиренное молоко; изомеризованная сыворожка / Skimmed milk; isomerized whey  
 B2 – Ступенное обезжиренное молоко; гидролизованное обезжиренное молоко / Staged skimmed milk; hydrolyzed skimmed milk  
 A1 – Влага / Moisture  
 A2 – Фляга, мешок / Casein dust  
 A3 – Сушеные и сухие бифидогенные концентраты / Dry bifidogenic concentrates

Рисунок 4 – Операторная модель получения бифидогенных концентратов на основе молочной сыворожки  
 Figure 4 – Operator model for obtaining bifidogenic whey-based concentrates

долговременного хранения в производственных условиях. Суть проблемы – «порча» молока-сырья, обезжиренного молока и молочной сыворотки при длительном хранении при низкой температуре за счет действия психрофилов и спор – «порок горечи и скисание». Санация тепловой обработкой (технологический термин термизация) при пониженных (против пастеризации и стерилизации) температурах без выдержки позволяет инактивировать психрофилов [35, 36]. Для кондиционирования необходима санация спор с их «прорастиванием и инактивацией» – отдельная, пока не решенная проблема отраслевого масштаба. В целом по теме разработана логистическая схема применения современных бионаномембранных технологий в молочной промышленности, приведенная на рис. 3. Она достойна отдельного рассмотрения в рамках новой генерации профессионалов для пищевой индустрии АПК.

Профессор (ранее стипендиат Сороса) **А. Д. Лодыгин с учениками** (бакалавры, магистры, студенты и аспиранты) в результате многолетних целенаправленных исследований разработали систему получения пребиотических концентратов на основе молочной сыворотки и ее компонентов (лактоза и сывороточные белки) сложного состава для продуктов функционального питания и кормовых средств нового поколения, также функционального назначения [37–41] с регулируемым углеводным, аминокислотным и минеральным составами. Создан научно-технический задел для отрасли в преддверии нового технологического уклада [8, 9]. На рис. 4 приведена операторная модель производства пребиотических концентратов с бифидогенными свойствами.

В табл. 3 приведен сравнительный состав бифидогенных концентратов и сухой молочной сыворотки. Заметная разница.

На рис. 5 показаны результаты маркетингового исследования возможного рынка пребиотических концентратов для полного импортозамещения внутри страны с возможным экспортом в страны ближнего и дальнего зарубежья. Молочный комбинат «Ставропольский» имеет определенный опыт по всем упомянутым позициям [27, 42, 43].

Массив других новаций нашей научной школы (творческого коллектива, преданного отраслям пищевой индустрии АПК во все и особенно тяжкие времена с 1980 г.) достаточно подробно опубликован в открытой печати, зарегистрирован в патентах СССР и РФ, нормативных документах, прошел апробацию в диссертационных Советах и тиражирован на отраслевом уровне в Отечестве и за рубежом. Проблемные вопросы от загадки «почему молоко БЕЛОЕ» до использования 3D-принтера с целью синтеза, например, из молочной сыворотки, особенно соленого аналога огурца (сухие вещества идентичны, нутриентный состав аналогичен – дело за структурой) остаются и ждут энтузиастов исследователей, читателей нашего журнала в стране и за рубежом.

## Выводы

В системном виде предпринята попытка критически оценить персонифицированный вклад некоторых членов творческого коллектива ведущей научной школы федерального уровня «Живые Системы» при Северо-Кавказском федеральном университете в научно-технический прогресс пищевой индустрии АПК на примере универсального сельскохозяйственного сырья – тривиальной молочной сыворотки.

Изложены результаты исследований отраслевого уровня по пяти номинациям: сухая деминерализованная молочная сыворотка; лактоза высокого качества – пищевая и фармакопейная; лактулоза; кондиционирование молочного сырья до технологической обработки; линейка пребиотических концентратов.

В целом реализация концепции бионаномембранных технологий в рамках технологического прорыва и преддверии нового (шестого) технологического уклада на приведенной фактуре исследований и продуктов позволяют, в рамках «федеральной площадки», заявить о нашем вкладе в кадровое, научное и информационное обеспечение отраслей пищевой индустрии в плане инновационных приоритетов продовольственной независимости Российской Федерации и ее регионов.

Таблица 3 – Средний химический состав опытных образцов сухого бифидогенного концентрата и молочной сыворотки

Table 3 – The average chemical composition of the experimental samples of dry bifidogenic concentrate and whey

Наименование показателя	Среднее значение и пределы колебаний	
	бифидогенный концентрат	сухая сыворотка (аналог)
Массовая доля сухих веществ, %	94,5 ± 0,4	95,2 ± 0,2
в том числе:	38,4	46,0 ± 1,5
β-лактозы, %	10,8 ± 1,5	24,0 ± 1,5
α-лактозы, %	15,5 ± 2,0	–
лактолозы, %	8,9 ± 1,3	11,5 ± 1,5
минеральных веществ, %	14,1 ± 2,5	6,6 ± 1,5

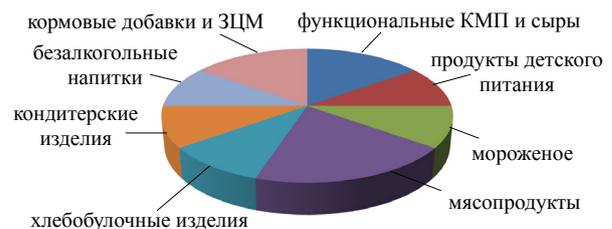


Рисунок 5 – Сегментация рынка пребиотических концентратов

Figure 5 – Segmentation of the market for prebiotic concentrates

### **Конфликт интересов**

Конфликта интересов нет – исключён и проверен временем с 1980г.

### **Благодарности**

Благодарю всех уважаемых коллег, упомянутых в статье, за предоставленную информацию и понимание окончательной редакции.

### **Финансирование**

Выполнении научно-исследовательских разработок по теме «Создание высокотехнологичного производства лактозы для фармацевтической и пищевой отраслей промышленности» осуществляется СКФУ совместно с АО Молочный комбинат «Ставропольский» при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ, договор МОН 03.G25.31.0241.

### **Список литературы**

1. Липатов, Н. Н. Молочная промышленность в XXI веке / Н. Н. Липатов // Вопросы питания. – 1994. – № 6. – С. 39–42.
2. XI Съезд Российского союза ректоров. Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого. Выступления на пленарном заседании. – Режим доступа: <http://kremlin.ru/events/president/news/57367>. – Дата обращения: 12.05.18
3. Указ Президента Российской Федерации от 07.05.2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года».
4. Гревцов, О. В. Текущее состояние и перспективы внедрения НДТ / О. В. Гревцов, М. А. Волосатова // Молочная промышленность. – 2017. – № 10. – С. 27–28.
5. Перспективы перехода на принципы наилучших доступных технологий / А. А. Кузин, Н. Г. Острецова, Л. А. Буйлова [и др.] // Молочная промышленность. – 2017. – № 10. – С. 29–31.
6. Кузин, А. А. К вопросу внедрения наилучших доступных технологий / А. А. Кузин, В. А. Грунская // Переработка молока. – 2017. – Т. 217, № 11. – С. 14–17.
7. Методические рекомендации по наилучшим доступным технологиям пищевой промышленности / А. Г. Храмов, А. А. Брачихин, А. А. Борисенко [и др.]. – Ставрополь : ФГАО ВО СКФУ, 2018. – 52 с.
8. Горлов, И. Ф. Инновационные аграрно-пищевые технологии, как основа развития АПК России / И. Ф. Горлов // Аграрно-пищевые инновации. – 2018. – Т. 1, № 1. – С. 7–12.
9. Храмов, А. Г. Научные основы нового технологического уклада молочной промышленности / А. Г. Храмов. – Beau-Bassin : LAP LAMBERT, 2017. – 117 с.
10. Заворохина, Н. В. Молочная сыворотка, продлевающая жизнь / Н. В. Заворохина, Ю. И. Богомазова // Молочная промышленность. – 2018. – № 9. – С. 62–64. DOI: <https://doi.org/10.31515/1019-8946-2018-9-62-64>.
11. Луфф, С. Сыворотка как средство укрепления иммунитета / С. Луфф // Переработка молока. – 2006. – № 2. – С. 39–41.
12. Жидков, В. Е. Развитие биотехнологических аспектов производства альтернативных вариантов тонирующих напитков на основе молочного лактозосодержащего сырья : дис. ... д-ра техн. наук: 05.18.04 / Жидков Владимир Евдокимович. – М., 2001. – 50 с.
13. Храмов, А. Г. Феномен молочной сыворотки / А. Г. Храмов. – СПб. : Профессия, 2011. – 804 с.
14. Храмов, А. Г. Новации молочной сыворотки / А. Г. Храмов. – СПб. : Профессия, 2016. – 490 с.
15. Биомембранные технологии научной школы «ЖИВЫЕ СИСТЕМЫ» СКФУ / А. Г. Храмов, И. А. Евдокимов, С. А. Емельянов [и др.]. – Ставрополь : ФГАО ВО СКФУ, 2014. – 126 с.
16. Трухачёв, В. И. Инновационная составляющая биомембранной технологии молочных продуктов нового поколения / В. И. Трухачёв, В. В. Молочников, А. Г. Храмов // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. – 2015. – № 5. – С. 3–7.
17. Евдокимов, И. А. Деминерализация творожной сыворотки / И. А. Евдокимов, Д. Н. Володин, В. К. Топалов // Молочная промышленность. – 2012. – № 3. – С. 22.
18. Импортзамещающая технология сухой деминерализованной молочной сыворотки масштабирована в отрасли / И. А. Евдокимов, М. С. Золотарёва, Д. Н. Володин [и др.] // Молочная промышленность. – 2014. – № 11. – С. 60–61.
19. Современные экономические и технологические проблемы производства сухой молочной сыворотки / И. А. Евдокимов, А. С. Бессонов, Д. Н. Володин [и др.] // Молочная река. – 2010. – Т. 34–35, № 2–3. – С. 54–56.
20. Евдокимов, И. А. Электродиализ молочной сыворотки / И. А. Евдокимов, Н. Я. Дыкало, А. В. Пермяков. – Георгиевск : Георгиевский технологический институт (филиал) СКФУ, 2009. – 245 с.
21. Классический и биполярный электродиализ в инновационных технологиях переработки творожной сыворотки / И. А. Евдокимов, Л. И. Толмачев, А. Д. Бондарчук [и др.] // Молочная промышленность. – 2018. – № 9. – С. 69–73. DOI: <https://doi.org/10.31515/1019-8946-2018-9-69-72>.
22. Реализация стратегического партнёрства Молочного Комбината «Ставропольский» и Северо-Кавказского федерального университета по комплексному федеральному проекту «Лактоза» в рамках национальной технологической инициативы / А. А. Левитская, С. В. Анисимов, А. Г. Храмов [и др.] // Вестник Северо-Кавказского федерального университета, 2017. – Т. 62, № 5. – С. 16–25.
23. Храмов, А. Г. Молочный сахар / А. Г. Храмов. – М. : Агропромиздат, 1987. – 224 с.
24. Международный симпозиум ММФ «Лактоза и ее производные», региональная конференция ММФ «Кисломолочные продукты — технологии и питание» : тезисы докладов. – М. : НОУ «Образовательный научно-технический центр молочной промышленности», 2007. – 402 с.

25. Компьютерная конвергенция технологических решений производства лактозы. Традиционный способ / А. Г. Храмцов, В. А. Ермаков, С. А. Рябцева [и др.] // Вестник Северо-Кавказского федерального университета. – 2018. – Т. 64, № 1. – С. 44–49.
26. Рябцева, С. А. Разработка физико-химических основ технологии лактулозы : дис. ... д-ра техн. наук: 05.18.04 / Рябцева Светлана Андреевна. – Ставрополь, 2000. – 384 с.
27. Технология продуктов из вторичного молочного сырья / А. Г. Храмцов, С. В. Василисин, С. А. Рябцева [и др.]. – СПб. : ГИОРД, 2009. – 424 с.
28. Рябцева, С. А. Технология лактулозы / С. А. Рябцева. – М. : ДеЛи принт, 2003. – 232 с.
29. Серов, А. В. Теоретическое обоснование и экспериментальные исследования химико-технологических проблем получения, определения и использования лактозы и ее производной лактулозы : дисс. ... д-ра техн. наук : 05.18.04 / Серов Александр Владимирович. – Ставрополь, 2004. – 39 с.
30. Справочник по переработке молочной сыворотки / Г. Б. Гаврилов, А. Ю. Просеков, Э. Ф. Кравченко [и др.] – СПб. : Профессия, 2015. – 176 с.
31. Гаврилов, Г. Б. Современные аспекты переработки молочной сыворотки мембранными методами / Г. Б. Гаврилов. – Кемерово : Кузбассвуиздат, 2004. – 160 с.
32. Гаврилов, Г. Б. Технологии мембранных процессов переработки молочной сыворотки и создание продуктов с функциональными свойствами / Г. Б. Гаврилов. – М. : Издательство Россельхозакадемии, 2006. – 135 с.
33. Харитонов, Д. В. Научно-практические аспекты совершенствования технологий пробиотических бактериальных концентратов и пребиотика лактулозы для создания синбиотических молочных продуктов: дис. ... д-ра техн. наук: 05.18.04 / Харитонов Дмитрий Владимирович. – Москва, 2012. – 48 с.
34. Способы получения сухой лактулозы / В. Д. Харитонов, Ю. И. Филатов, Д. В. Харитонов [и др.] // Молочная промышленность. – 2000. – № 4. – С. 17–18.
35. Емельянов, С. А. Теоретическое обоснование и экспериментальные исследования технологических аспектов бактериальной санации молочного сырья в условиях реального биоценоза : автореф. дис. д-ра техн. наук: 05.18.07 / Емельянов Сергей Александрович. – Ставрополь, 2008. – 38 с.
36. Храмцов, А. Г. Инновационные приоритеты и практика технологической платформы модернизации молочной отрасли АПК : монография / А. Г. Храмцов. – Воронеж : ФГБОУ ВПО «ВГУИТ», 2015. – 260 с.
37. Лодыгин, А. Д. Разработка инновационных технологий пребиотических концентратов на основе вторичного молочного сырья: дис. ... докт. техн. наук: 05.18.04 / Лодыгин Алексей Дмитриевич. – Ставрополь, 2012. – 388 с.
38. Инновационные технологии продуктов на основе биокластеров молочной сыворотки / А. Д. Лодыгин, А. Г. Храмцов, Д. Н. Лодыгин [и др.]. – Ставрополь : ФГАО ВО СКФУ, 2010. – 143 с.
39. Храмцов, А. Г. Технологический прорыв аграрно-пищевых инноваций молочного дела на примере универсального сельхоз сырья / А. Г. Храмцов, В. Н. Сергеев // Аграрно-пищевые инновации. – 2018. – Т. 2, № 2. – С. 15–20. DOI: <https://doi.org/10.31208/2618-7353-2018-1-2-15-20>.
40. Храмцов, А. Г. Технология продуктов из молочной сыворотки / А. Г. Храмцов, П. Г. Нестеренко. – М. : ДеЛи принт, 2004. – 592 с.
41. Технология кормовых добавок нового поколения из вторичного молочного сырья / А. Г. Храмцов, И. А. Евдокимов, С. А. Рябцева [и др.]. – М. : ДеЛи принт, 2006. – 288 с.
42. Пономарёв, А. Н. Применение молочной сыворотки в функциональном питании : монография / А. Н. Пономарёв, Е. И. Мельникова, Е. В. Богданова. – Воронеж : ФГБОУ ВПО «ВГУИТ», 2013. – 180 с.
43. Мембранные технологии: опыт предприятий // Молочная промышленность. – 2018. – № 10. – С. 16.

## References

1. Lipatov N.N. Molochnaya promyshlennost' v XXI veke [Dairy industry in the XXI century]. *Problems of Nutrition*, 1994, no. 6, pp. 39–42. (In Russ.).
2. XI S"ezd Rossiyskogo soyuza rektorov. Sankt-Peterburgskiy politekhnicheskiy universitet Petra Velikogo. Vystupleniya na plenarnom zasedanii [XI Congress of the Russian Union of Rectors at the St. Petersburg Polytechnic University of Peter the Great. The plenary session]. Available at: <http://kremlin.ru/events/president/news/57367>. (accessed 2 May 2018).
3. Ukaz Prezidenta Rossiyskoy Federatsii ot 07.05.2018 g. № 204 "O natsional'nykh tselyakh i strategicheskikh zadachakh razvitiya Rossiyskoy Federatsii na period do 2024 goda" [Decree of the President of the Russian Federation of 07.05.2018, No. 204 "On the national goals and strategic objectives of the development of the Russian Federation for the period up to 2024"].
4. Grevtsov O.V. and Volosatova M.A. Present day situation and prospects for introduction of the best available technologies. *Dairy industry*, 2017, no. 10, pp. 27–28. (In Russ.).
5. Kuzin A.A., Grunskaya V.A., Ostretsova N.G., Builova L.A., and Shohalov V.A. Perspectives of transition on the principles of the best available technologies. *Dairy industry*, 2017, no. 10, pp. 29–31. (In Russ.).
6. Kuzin A.A. and Grunskaya V.A. K voprosu vnedreniya nailuchshikh dostupnykh tekhnologiy [On the issue of introducing the best available technologies]. *Milk Processing*, 2017, vol. 217, no. 11, pp. 14–17. (In Russ.).
7. Khramtsov A.G., Bratsikhin A.A., Borisenko A.A., et al. Metodicheskie rekomendatsii po nailuchshim dostupnym tekhnologiyam pishchevoy promyshlennosti [Methodical recommendations on the best available technologies of the food industry]. Stavropol: NCFU Publ., 2018. 52 p. (In Russ.).

8. Gorlov I.F. Innovative agrarian and food technologies as a basis of development of agro-industrial complex of Russia. *Agrarian and Food Innovations*, 2018, vol. 1, no. 1, pp. 7–12. (In Russ.).
9. Khramtsov A.G. *Nauchnye osnovy novogo tekhnologicheskogo uklada molochnoy promyshlennosti* [The scientific basis of the technological structure of the dairy industry]. Beau-Bassin: LAP LAMBERT Publ., 2017. 117 p. (In Russ.).
10. Zavorohina N.V. and Bogomazova Yu.I. Milk whey that prolongs life. *Dairy industry*, 2018, no. 9, pp. 62–64. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.31515/1019-8946-2018-9-62-64>.
11. Luff S. Syvortka kak sredstvo ukrepleniya immuniteta [Serum as a means of immune system improvement]. *Milk Processing*, 2006, no. 2, pp. 39–41. (In Russ.).
12. Zhidkov V.E. *Razvitie biotekhnologicheskikh aspektov proizvodstva al'ternativnykh variantov toniziruyushchikh napitkov na osnove molochnogo laktozosoderzhashchego syr'ya. Diss. dokt. tekhn. nauk* [Development of biotechnological aspects of the production of alternative options for tonic drinks based on milk-and lactose-containing raw materials. Dr. eng. sci. diss.]. Moscow, 2001. 50 p.
13. Khramtsov A.G. *Fenomen molochnoy syvortki* [The phenomenon of whey]. St. Petersburg: Professiya Publ., 2011. 804 p. (In Russ.).
14. Khramtsov A.G. *Novatsii molochnoy syvortki* [Novations of whey]. St. Petersburg: Professiya Publ., 2016. 490 p. (In Russ.).
15. Khramtsov A.G., Evdokimov I.A., Emel'yanov S.A., et al. *Biomembrannye tekhnologii nauchnoy shkoly "ZHIVYE SISTEMY" SKFU*. [Biomembrane technologies of the Living Systems scientific school at the North-Caucasus Federal University]. Stavropol: NCFU Publ., 2014. 126 p. (In Russ.).
16. Trukhachev V.I., Molochnikov V.V., and Khramtsov A.G. Innovative component of biomembrane technology for production of dairy products. *Vestnik of the Russian agricultural sciences*, 2015, no. 5, pp. 3–7. (In Russ.).
17. Evdokimov I.A., Volodin D.N., and Topalov V.K. Demineralization of curds whey. *Dairy industry*, 2012, no. 3, pp. 22. (In Russ.).
18. Evdokimov L.A., Zolotareva M.A., Volodin D.N., et al. The technology of dry demineralized milk whey replacing import has been scaled up in the dairy sector. *Dairy industry*, 2014, no. 11, pp. 60–61. (In Russ.).
19. Evdokimov I.A., Bessonov A.S., Volodin D.N., et al. Sovremennye ehkonomicheskie i tekhnologicheskie problemy proizvodstva sukhoy molochnoy syvortki [Modern economic and technological problems of dry whey production]. *Molochnaya reka* [Milk river], 2010, vol. 34–35, no. 2–3, pp. 54–56. (In Russ.).
20. Evdokimov I.A., Dykalo N.Ya., and Permyakov A.V. *Ehlektrodializ molochnoy syvortki* [Whey electro dialysis]. Georgievsk: Georgievsk Technological Institute (branch) of NCFU Publ., 2009. 245 p. (In Russ.).
21. Evdokimov I.A., Tolmachev L.I., Bondarchuk A.D., Kravtsov V.A., and Darzhaniya B.A. Classical and bipolar electro dialysis in the innovative technologies of curds whey processing. *Dairy industry*, 2018, no. 9, pp. 69–73. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.31515/1019-8946-2018-9-69-72>.
22. Levitskaya A.A., Anisimov S.V., Khramtsov A.G., et al. Realization of strategic partnership of JSC dairy plant “Stavropolsky” and NCFU on complex federal project of “Lactose” in the framework of the national initiative. *Newsletter of North-Caucasus State Technical University*, 2017, vol. 62, no. 5, pp. 16–25. (In Russ.).
23. Khramtsov A.G. *Molochnyy sakhar* [Milk sugar]. Moscow: Agropromizdat Publ., 1987. 224 p. (In Russ.).
24. *Mezhdunarodnyy simpozium MMF “Laktoza i ee proizvodnye”, regional'naya konferentsiya MMF “Kislomolochnye produkty — tekhnologii i pitaniye”: tezisy dokladov* [International symposium of MFF “Lactose and its derivatives”, regional conference of the MFF “Fermented milk products – technologies and nutrition”: abstracts]. Moscow, 2007, 402 p.
25. Khramtsov A.G., Ermakov V.A., Ryabtseva S.A., et al. Computer-based convergence of lactose manufacturing technological decisions. Traditional way. *Newsletter of North-Caucasus State Technical University*, 2018, vol. 64, no. 1, pp. 44–49. (In Russ.).
26. Ryabtseva S.A. *Razrabotka fiziko-khimicheskikh osnov tekhnologii laktulozy. Diss. dokt. tekhn. nauk* [Development of the physicochemical basis of lactulose technology. Dr. eng. sci. diss.]. Stavropol, 2000. 384 p.
27. Khramtsov A.G., Vasilisin S.V., Ryabtseva S.A., and Vorotnikova T.S. *Tekhnologiya produktov iz vtorichnogo molochnogo syr'ya*. [Technology of products obtained from secondary dairy raw materials]. St. Petersburg: GIRD Publ., 2009. 424 p. (In Russ.).
28. Ryabtseva S.A. *Tekhnologiya laktulozy* [Lactulose technology]. Moscow: DeLi print Publ., 2003. 232 p. (In Russ.).
29. Serov A.V. *Teoreticheskoe obosnovanie i ehksperimental'nye issledovaniya khimiko-tekhnologicheskikh problem polucheniya, opredeleniya i ispol'zovaniya laktozy i ee proizvodnoy laktulozy. Diss. dokt. tekhn. nauk* [Theoretical substantiation and experimental studies of chemical and technological problems of obtaining, determining, and using lactose and its derivative lactulose. Dr. eng. sci. diss.]. Stavropol, 2004. 39 p.
30. Gavrilov G.B., Prosekov A.Yu., Kravchenko Eh.F., and Gavrilov B.G. *Spravochnik po pererabotke molochnoy syvortki* [Handbook of whey processing]. St. Petersburg: Professiya Publ., 2015. 176 p. (In Russ.).
31. Gavrilov G.B. *Sovremennye aspekty pererabotki molochnoy syvortki membrannymi metodami* [Modern aspects of whey processing by membrane methods]. Kemerovo: Kuzbassvuzuzdat, Publ., 2004. 160 p. (In Russ.).
32. Gavrilov G.B. *Tekhnologii membrannykh protsessov pererabotki molochnoy syvortki i sozdanie produktov s funktsional'nymi svoystvami* [Membrane whey processing technologies and products with functional properties]. Moscow: Russian Agricultural Academy Publ., 2006. 135 p. (In Russ.).
33. Kharitonov D.V. *Nauchno-prakticheskie aspekty sovershenstvovaniya tekhnologiy probioticheskikh bakterial'nykh kontsentratov i prebiotika laktulozy dlya sozdaniya sinbioticheskikh molochnykh produktov. Diss. dokt. tekhn. nauk* [Scientific and

- practical aspects of improving the technologies of probiotic bacterial concentrates and lactulose prebiotic to create synbiotic dairy products. Dr. eng. sci. diss.]. Moscow, 2012. 48 p.
34. Kharitonov V.D., Filatov Yu.I., Kharitonov D.V., et al. Sposoby polucheniya sukhoy laktulozy [Methods of obtaining dry lactulose]. *Dairy industry*, 2000. no. 4, pp. 17–18. (In Russ.).
35. Emel'yanov S.A. *Teoreticheskoe obosnovanie i ehksperimental'nye issledovaniya tekhnologicheskikh aspektov bakterial'noy sanatsii molochnogo syr'ya v usloviyakh real'nogo biotsenoza. Diss. dokt. tekhn. nauk* [Theoretical substantiation and experimental studies of technological aspects of bacterial rehabilitation of dairy raw materials in a real biocenosis. Dr. eng. sci. diss.]. Stavropol, 2008. 38 p.
36. Khrantsov A.G. *Innovatsionnye priority i praktika tekhnologicheskoy platformy modernizatsii molochnoy otrasli APK* [Innovative priorities and practice of the technological platform for the modernization of the dairy industry in an agro-industrial complex]. Voronezh: FSBEI HE "VSUET" Publ., 2015. 260 p. (In Russ.).
37. Lodygin A.D. *Razrabotka innovatsionnykh tekhnologiy prebioticheskikh kontsentratsionnykh preparatov na osnove vtorichnogo molochnogo syr'ya. Diss. dokt. tekhn. nauk* [Development of innovative technologies for prebiotic concentrates based on secondary dairy raw materials. Dr. eng. sci. diss.]. Stavropol, 2012. 388 p.
38. Lodygin A.D., Khrantsov A.G., Lodygin D.N., et al. *Innovatsionnye tekhnologii produktov na osnove bioklastеров molochnoy syvorotki*. [Innovative technologies of products based on whey bioclusters]. Stavropol: NCFU Publ., 2010. 143 p. (In Russ.).
39. Khrantsov A.G. and Sergeev V.N. Technological breakthrough the agri- food innovation dairy case for example, a universal agricultural raw materials. *Agrarian and Food Innovations*, 2018, vol. 2, no. 2, pp. 15–20. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.31208/2618-7353-2018-1-2-15-20>.
40. Khrantsov A.G. and Nesterenko P.G. *Tekhnologiya produktov iz molochnoy syvorotki*. [Technology of whey products]. Moscow: DeLi print Publ., 2004. 529 p. (In Russ.).
41. Khrantsov A.G., Evdokimov I.A., Ryabtseva S.A., et al. *Tekhnologiya kormovykh dobavok novogo pokoleniya iz vtorichnogo molochnogo syr'ya* [Technology of feed additives of a new generation from secondary dairy raw materials]. Moscow: DeLi print Publ., 2006. 288 p. (In Russ.).
42. Ponomarev A.N., Melnikova E.I., and Bogdanova E.V. *Using of whey in functional food*. Voronezh: FSBEI HE "VSUET" Publ., 2013. 180 p. (In Russ.).
43. Membrannye tekhnologii: opyt predpriyatiy [Membrane technology: production history]. *Dairy industry*, 2018, no. 10, pp. 16. (In Russ.).

**Храмцов Андрей Григорьевич**

д-р техн. наук, профессор, академик РАН, Северо-Кавказский федеральный университет, 355009, Россия, г. Ставрополь, ул. Пушкина, 1, e-mail: akhramtcov@ncfu.ru  
 <https://orcid.org/0000-0002-5188-4657>

**Andrey G. Khrantsov**

Dr.Sci.(Eng.), Professor, Academician of Russian Academy of Sciences, North-Caucasus Federal University, 1, Pushkin Str., Stavropol, 355009, Russia, e-mail: akhramtcov@ncfu.ru  
 <https://orcid.org/0000-0002-5188-4657>

## Мясо яков, как перспективное сырье для производства мясопродуктов

Б. А. Баженова\*<sup>ORCID</sup>, Ю. Ю. Забалуева<sup>ORCID</sup>, М. Б. Данилов<sup>ORCID</sup>,  
И. А. Вторушина<sup>ORCID</sup>, Т. М. Бадмаева<sup>ORCID</sup>

ФГБОУ ВО «Восточно-Сибирский государственный университет  
технологий и управления»,  
670013, Россия, г. Улан-Удэ, ул. Ключевская, 40В

Дата поступления в редакцию: 07.08.2018  
Дата принятия в печать: 20.09.2018

\*e-mail: [bayanab@mail.ru](mailto:bayanab@mail.ru)



© Б. А. Баженова, Ю. Ю. Забалуева, М. Б. Данилов, И. А. Вторушина, Т. М. Бадмаева, 2018

**Аннотация.** В статье приведены сравнительные данные по динамике производства мясного сырья и потребления мясных продуктов в Республике Бурятия. Анализ данных показал, что в последние годы наблюдается стабильность и даже небольшое повышение уровня производства мяса и потребления мясных продуктов на душу населения. Показано, что основными источниками мясного сырья Республики Бурятия являются крупный рогатый скот, овцы и свиньи, а козы, лошади и яки составляют небольшую часть сельскохозяйственных животных региона и могут служить дополнительным источником ценного животного белка. Обзор литературы показал интерес ученых к исследованию пищевой ценности мяса яков для дальнейшего их использования в производстве мясопродуктов. Выявлено, что по пищевой и биологической ценности ячина сильно не отличается от говядины, но имеет особенности: жестковатое, темного цвета, со специфическим вкусом и запахом. Экспериментальные исследования позволили установить, что пищевая ценность мяса яков зависит от высоты обитания животных. Например, содержание полиненасыщенных жирных кислот тем больше, чем выше расположено место обитания яков. Содержание соединительнотканых белков, которые могут повлиять на консистенцию готового изделия выше на 12,1 % в мясе яков по сравнению с говядиной. Показано, что в ячине процесс гликолиза растянут по сравнению с говядиной почти на сутки. Более жесткое мясо, обусловленное повышенным уровнем соединительнотканых белков, и более темное - в связи с высоким содержанием миоглобина в ячине, вызывают необходимость учета данных факторов при производстве из них качественных мясопродуктов.

**Ключевые слова.** Мясо яков, экотипы, влага, белок, жир, соединительнотканый белок, гликоген, аминокислотный состав, жирнокислотный состав, водосвязывающая способность, усилие резания

**Для цитирования:** Мясо яков, как перспективное сырье для производства мясопродуктов / Б. А. Баженова, Ю. Ю. Забалуева, М. Б. Данилов [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 3. С. 16–33. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-3-16-33>.

Review article

Available online at <http://fptt.ru/>

## Yak Meat as a Lucrative Raw Material for Meat Products

B.A. Bazhenova\*<sup>ORCID</sup>, Yu.Yu. Zabalueva<sup>ORCID</sup>, M.B. Danilov<sup>ORCID</sup>, I.A. Vtorushina<sup>ORCID</sup>,  
T.M. Badmaeva<sup>ORCID</sup>

Received: August 07, 2018  
Accepted: September 20, 2018

East Siberia State University of Technology and Management,  
40V, Klyuchevskaya Str., Ulan-Ude, 670013, Russia

\*e-mail: [bayanab@mail.ru](mailto:bayanab@mail.ru)



© B.A. Bazhenova, Yu.Yu. Zabalueva, M.B. Danilov, I.A. Vtorushina, T.M. Badmaeva, 2018

**Abstract.** The present research features comparative data on the dynamics of meat production and consumption in the Republic of Buryatia. The analysis revealed stability and a slight increase in meat production and consumption per capita. The main sources of raw meat in Buryatia are cattle, sheep, and pigs, whereas goats, horses, and yaks make up a small part of farm animals in the region and serve as an additional source of valuable animal protein. The article contains a review of academic literature that showed a growing interest in yak meat studies, e.g. its nutritional value and use in meat products. The present research demonstrated that the nutritional and biological value of yak meat was similar to beef. However, yak meat proved to be tough, dark in color, and with a specific taste and smell. According to the experimental studies, the nutritional value of yak meat depends on the altitude of habitat. For instance, the higher the altitude, the larger the content of polyunsaturated fatty acids. The content of connective proteins, which can affect the consistency of the end product, was higher by 12.1% in yak meat than in beef. The experiment showed that the process of glycolysis in yak meat was 24 hours longer than in beef. The yak meat was tough due to the higher level of connective proteins, while its darker colour could be explained by the high content of myoglobin. These properties should be taken into account in the production of high-quality meat products.

**Keywords.** Yak meat, ecotypes, moisture, protein, fat, connective tissue protein, glycogen, AMI-acid composition, fatty acid composition, water binding capacity, cutting force

**For citation:** Bazhenova B.A., Zabalueva Yu.Yu., Danilov M.B., Vtorushina I.A., Badmaeva T.M. Yak Meat as a Lucrative Raw Material for Meat Products. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2018, vol. 48, no. 3, pp. 16–33. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-3-16-33>.

## Введение

Особенное значение в питании человека имеют мясо и мясные продукты. Они главные поставщики полноценных, высокоусвояемых белковых компонентов. За последние 5 лет в нашей стране выработка мяса непрерывно возрастала. Однако объемы изготовления продуктов мясоперерабатывающих компаний лишь на 84,5 % могут обеспечить общепринятые нормативы употребления мясных продуктов для физиологического удовлетворения запросов организма.

С целью наращивания объемов изготовления мясных изделий в некоторых районах используют импортируемое сырье, так как ощущается нехватка собственных ресурсов. По результатам 2012 года в Республике Бурятия произведено 36,5 тысяч тонн мяса. Одновременно ввезено 39,3 тысячи тонн мяса в убойном весе, что не может полностью решить вопрос недостатка мясного сырья. Именно поэтому исследования ученых мясной отрасли направлены на разработку ресурсосберегающих технологий с оптимальным использованием животного белка. Одним из направлений разрешения этого вопроса является создание рецептур и технологий производства мясных продуктов с применением мяса нетрадиционных видов животных.

Уделение особого внимания мясной отрасли животноводству в Бурятии обозначено в Постановлениях правительства Республики по развитию агропромышленного сектора, как одно из перспективных направлений экономики [17].

Мясной перерабатывающей отрасли в регионе уделяют особое внимание в связи с привычками питания коренного населения в сложных климатических условиях района и их традициями. Также это особенности природных, климатических, экологических условий, которые влияют на развитие скотоводства, как древнего занятия коренного населения.

Животноводы Республики Бурятия занимаются разведением и выращиванием крупного рогатого скота, овец, свиней, коней и яков. Мясо лошадей и яков имеет свои особенности разведения. Например, яки пасутся и обитают в условиях высокогорья, добывают под коркой снега себе корм, что делает их неприхотливыми, а разведение – рентабельным. В связи с этим перспективным является изучение пищевой ценности и функционально-технологических свойств ячины для направления ее на производство качественных мясных изделий.

## Объекты и методы исследования

Объектами изучений явились научные работы российских и зарубежных исследователей, в которых представлены результаты изучения пищевой и биологической ценности, функциональных и

технологических свойств мышечной ткани яков разных экотипов. Основным способом изучения является сравнение литературных данных и данных личных научных исследований по массовой доле белка, воды, жира, углеводов, микроэлементов и витаминов мяса яков, которые обитают в различных регионах. Также изучение функционально-технологических свойств ячины по сравнению с говяжьим мясом.

В ходе выполнения собственных экспериментальных исследований были использованы следующие методы для определения изучаемых показателей. Концентрацию ионов  $H^+$  определяли потенциометрическим методом [82]. Содержание влаги – методом высушивания до постоянного веса при температуре 103–105 °С (ГОСТ Р 51479-99), белка – методом, основанным на минерализации пробы по Кьельдалю, отгонки аммиака в раствор серной кислоты с последующим титрованием исследуемой пробы (ГОСТ 25011-81), жира – с помощью метода Сокслета (ГОСТ 23042-86), золы сжиганием навески до постоянного веса [8].

Массовую долю гликогена определяли антроновым методом, основанным на нагревании моносахаридов с неорганическими кислотами для перехода их в фурфурол (оксиметилфурфурол), который с антроном дает окрашенные вещества. Интенсивность окраски полученных растворов указывает на содержание углеводов [4].

Содержание соединительнотканного белка (коллагена) находили по количеству оксипролина (ГОСТ Р 50207-92).

Минеральный состав мышечной ткани мяса характеризовали по наличию и содержанию макро- и микроэлементов в соответствии с руководящими ГОСТами (ГОСТ 26927-86, ГОСТ 26930-86) и инструкциями (НСАМ 3х, 160х, 172х, 138х, 450хс). Содержание витаминов  $B_1$ ,  $B_2$ , РР изучали с помощью флуорометрического и химического методов на электронном флуорометре ЭФ-3М. Содержание витаминов А, Е – высокоэффективной жидкостной хроматографией.

Содержание токсичных элементов определяли атомно-абсорбционным методом по НСАМ 450хс, ГОСТ 26927-86, содержание пестицидов – полярографическим методом. Содержание цезия-137 и стронция-90 в мясе определяли в соответствии с МУК 2.6.1717-98. Массовую долю антибиотиков – экспресс-методом (МУК 4.2.026-95).

Для определения активности протеиназ использовали метод Ансона в модификации Е. Каверзневой. В данном методе изучают степень расщепления стандартных белков с образованием тирозина. В качестве субстрата использовали казеин [4].

Определение количества общих пигментов проводили по общепринятой методике, основанной

на экстрагировании пигментов мяса последовательно водным и солянокислым ацетоном с последующим фотоколориметрированием вытяжки при длине волны 540 нм в отношении солянокислого ацетона [8]. Количество форм пигментов определяли методом, основанным на экстракции пигментов ледяным фосфатным буферным раствором с измерением оптической плотности раствора при длинах волн 525, 545, 565 нм и расчетом количества трех форм миоглобина – дезоксимиоглобина, оксимиоглобина и метмиоглобина [27].

Аминокислотный состав белков мяса исследовали методом ионообменной колоночной хроматографии на приборе ААА-881, жирнокислотный состав – методом высокоэффективной жидкостной хроматографии на приборе LC-10Avr (Шимадзу, Япония). Коэффициенты биологической ценности были получены расчетным методом.

ВСС определяли методом прессования по Грау-Хамму [4]. Потери массы при тепловой обработке определяли по разности массы образца до и после варки [4]. Метод определения количества капиллярной свободной влаги основан на определении количества воды, выделяемого из объекта исследования при прессовании. Количество связанной влаги (адсорбционной и осмотической) в мясе изучали после определения капиллярной влаги по кривой сушки/сушке навески в течение 120 мин при температуре 150 °С.

## Результаты и их обсуждение

### 1. Мясные сырьевые ресурсы Республики Бурятия.

В данной главе были изучены статистические данные по выработке мяса в Бурятии (табл.1).

Представленные цифры демонстрируют, что в 1990 г объем выработанного мясного сырья составил 72,2 тонны и был наибольшим за последние 25 лет. В 90-х годах, во время экономического кризиса, сельское хозяйство находилось в упадке, поэтому производство мяса уменьшилось практически в два раза. В следующие 6 лет производство мяса

Таблица 1 – Выработка мяса по годам в Бурятии

Table 1 – Production of meat by year in Buryatia

Год	Количество мяса в убойном весе, (тыс. т)
1990	72,2
2000	36,1
2005	30,5
2006	28,2
2007	28,3
2008	28,8
2009	30,7
2010	28,1
2011	28,2
2012	31,2
2013	33,6
2014	45,2
2015	43,6
2016	41,7
2017	43,5

сокращалось почти до 2006 года и составило только 28200 тонн.

Из данных таблицы видно, что с 2011 года происходит увеличение степени производства мясного сырья. В 2013 году выработка мяса в Бурятии составила 33600 тонн. Это ниже уровня значения показателя в 1990 году на 56 %.

В таблице 2 приведены значения по производству мяса в Бурятии.

Данные свидетельствуют, что в 2010 году наблюдается понижение общего объема выработки всех видов мяса в живом и убойном весе, если сравнивать с данными по 2000 году [18].

В таблице 3 приведены данные по изготовлению и употреблению мясопродуктов на единицу населения.

Из данных таблицы 3 видно понижение не только объемов производства мяса с 72,2 кг в 1990 году до 28,1 кг в 2010 году, но и употребление мяса и мясных продуктов на единицу населения с 74,1 кг до 63,2 кг (табл. 3) [18]. В последующем, начиная с 2013, видно увеличение уровня изготовления мяса.

Анализ результатов таблицы 2 демонстрирует, что в Бурятии главными источниками мяса служат крупный рогатый скот и свиньи, дополнительным – овцы, а козы, яки и лошади представляют лишь небольшую часть общего количества сельскохозяйственных животных региона.

Основная часть местного скота является коренной породы, сформировавшейся в особых природных

Таблица 2 – Производство скота и птицы в Республике Бурятия

Table 2 – Production of cattle and poultry in Buryatia

Показатели	Годы				
	2000	2005	2010	2015	2017
Ввозимое мясное сырье на перерабатывающие предприятия в РБ, тыс. т	16,7	13,0	14,3	13,6	10,5
Собственное производство мяса в РБ, тыс. т	36,3	30,6	28,1	39,7	43,5
в том числе:					
говядина	18,61	18,52	17,72	23,84	24,1
свинина	13,92	9,31	7,65	10,8	16,6
мясо птицы	9,51	1,02	0,23	0,41	0,17
мясо овец и коз	8,84	1,53	1,31	1,34	1,4
конина	1,31	1,32	1,51	1,63	1,2
мясо яков	0,51	0,62	0,71	0,84	0,85

Таблица 3 – Производство и употребление мяса

Table 3 – Production and consumption of meat in Buryatia

Показатели	Годы						
	1990	2000	2005	2010	2013	2015	2017
Производство мяса, кг	72,2	36,1	30,5	28,1	33,6	43,6	43,5
Потребление, кг	74,1	50,2	53,3	63,2	68,1	67,4	66,1

условиях Бурятии с учетом всех процессов как естественного, так и искусственного отбора [20].

2. *Мясо яков – сырье для производства мясопродуктов*. В ходе исследований был проведен обзор литературы по вопросам постановки проблем разведения, выращивания и продуктивности яков, а также качества мяса яков, обитающих в разных регионах. Материал, приведенный в разделе 2, может показать перспективность мяса nomадных животных яков для производства мясопродуктов.

Анализ литературы прежде всего показал, что развитие яководства является рациональным направлением оптимального использования животного сырья, которое может поспособствовать повышению конкурентоспособности мясных изделий. Некоторые зарубежные предприятия из Европы и стран Ближнего Востока выказывают повышенный интерес к приобретению мяса яков и изготовлению из него мясных изделий для поставок на внутренние рынки [2].

Як (*Bos mutus*) относится к млекопитающим из рода быков обширного семейства полорогих (рис. 1). Яки отличаются от особей крупного рогатого скота наличием шерстного длинного покрова, небольшого горба в районе холки, своеобразной хвостовой частью, короткой крепкой шеей, чрезвычайно развитой грудной части. Яки по сравнению с особями крупного рогатого скота более приземисты, характеризуются крепким и широким лбом, наличием развитых рогов на задней части головы [1, 5, 13]. Яков разводят в регионах высокогорья таких государств, как Россия (Бурятия, Тыва), Китай, Монголия, Киргизия, Таджикистан, страны Северного Кавказа, Индия, Афганистан, Пакистан [2, 3, 5–7, 10–16, 20, 21, 23–26, 28, 29].

В настоящее время можно насчитать больше пятнадцати миллионов одомашненных яков. В основном они обитают в Китайской республике – около двенадцати миллионов, в Монголии – более 900 тысяч животных. Анализ литературных данных показал, что в таких странах, как Бутан, Индия, Непал, содержится более двух с половиной миллионов яков. Яки долговечны, по сравнению с особями крупного

рогатого скота, живут до тридцати лет, однако, применимы для нужд примерно до двадцати лет.

В высокогорьях Бурятии (Восточные Саяны) находятся хорошие пастбища для разведения яков, их разводят наряду с другими видами сельскохозяйственных животных достаточно давно. Для коренного населения разведение яков, которые хорошо приспособлены к климатическим условиям высокогорного региона, является подспорьем, а иногда и основным источником дохода [14].

Целесообразность разведения яков можно обосновать возможностью круглогодичного содержания их на пастбищах на подножном корму, что влечет низкие затраты на заготовку кормов, а также отпадает необходимость строительства загонов и крытых помещений для животных [1, 13].

Позитивным моментом пастбищного разведения яков является исключение стрессовых факторов для животных. Это содействует исключению вероятности возникновения дефектов мясного сырья типа PSE и DFD.

Выявлено следующее: при одинаковых условиях выработки себестоимость ячины почти в три раза ниже себестоимости говядины, что обусловлено более низкими затратами на разведение и содержание яков [20].

В регионах России, где обитают яки, ученые изучают такие вопросы, как этиология, продуктивность животного, условия и факторы, влияющие на высокопродуктивное разведение яков. В работе [7] приведены данные по изучению акклиматизации и адаптации яков в Северо-Кавказском регионе, в работе [25] представлены результаты экспериментальных исследований биологических характеристик яков разных экологических районов Республики Тыва. В работе [24] представлен анализ экологического районирования разведения яков в Чеченской Республике.

Далее, проанализированы работы, в которых изучены показатели качества мышечной ткани яков различного экотипа. Например, в Кабардино-Балкарии исследовали морфобиологические особенности и пищевую ценность мясных и жировых продуктов из яков в зависимости от пастбищных условий [22]. В Кыргызстане изучены влияние возраста и пола на химический состав, технологические и органолептические показатели ячины, внедрена система менеджмента качества мясопродуктов [1].

Научные исследования, связанные с яками Бурятии, посвящены в основном биологическим вопросам, вопросам поведения, разведения, скрещивания яков. Также представлены данные морфофункциональных свойств при онтогенезе, рассмотрены вопросы популяционной изменчивости, рассчитана продуктивность животных и изучены направления для рациональной охраны популяции яков [5, 9, 14, 16, 20].

Для эффективной и рациональной работы мясоперерабатывающей промышленности огромное



Рисунок 1 – Як окинский  
Figure 1 – A yak bull of Okinsky breed

значение имеет убойный выход мясного сырья. Этому показателю посвящены многие эксперименты сотрудников сельскохозяйственных учреждений, которые изучают влияние разных факторов на продуктивность яков. Эксперименты по изучению продуктивности яков ниже средней упитанности, обитающих в Киргизии, выявили, что выход мяса яков составил 44,1–46,8 %. Масса живого веса яков-кастратов ниже средней упитанности составила при возрасте полтора года 130,5 кг, двух с половиной – 192,3 кг, старше двух с половиной – 345 кг. Невысокую мясную продуктивность яков авторы объясняют скудным кормом в зимнее время [1].

Исследован выход при убое яков, обитающих в Кыргызии, в другой работе [23]. Автор показал, что в возрасте полтора-два с половиной года масса яков-кастратов составила 275 кг, в возрасте пяти с половиной-шести лет – 458 кг, убойный выход составил 59,8–61,2%.

В диссертационной работе [1] проведены широкие эксперименты по изучению влияния возраста животных, их пола, а также возраста на мясную продуктивность киргизских яков.

Установлено, что невысокая масса живого яка обеспечивает не маленький выход мяса на кости. Это можно объяснить особенностями анатомии туловища. Яки характеризуются, по сравнению с коровами, меньшим размером черепа, более коротким хвостом, короткими конечностями, более развитой грудной частью из-за наличия еще одной пары ребер. Также у этих животных внутренние органы имеют меньшие размеры, их процентное отношение составляет 10–13 % к общей массе.

В тушах средней и высокой упитанности выявлен более высокий выход мяса, который составил больше 52 %, выход мяса в тушах нижесредней упитанности – 45,5–47,4 % [1].

Изучение в работе [25] тувинских яков позволило выявить, что применение дальних альпийских и субальпийских пастбищ с целью выпаса животных в летний период позволяет повысить продуктивность сельскохозяйственных животных.

Авторы [3] исследовали выход мяса и субпродуктов яков, которые обитают в высокогорных регионах Алтайского края России. Авторами установлено, что в зависимости от упитанности животных, выход ячины выше на 1,4–2,7 % по сравнению с выходом мяса коров. Выход субпродуктов первой и второй категории (на момент исследований авторов действовала классификация по категориям) незначительно, но все-таки ниже выхода соответствующих субпродуктов КРС. Автором показано, что выход жировой ткани яков II категории и тощих на 0,75 и 0,32 % ниже выхода сырого жира от КРС соответствующей категории.

Автором [24] были проведены эксперименты по изучению продуктивности яков, обитающих в высокогорье Чечни. Автор свидетельствует о том, что на выход мяса на кости основное влияние оказывают сроки и продолжительность нагула массы, качество пастбищного корма, а также

технология их содержания. Численность групп, которые вместе нагуливают массу, влияет на привес. Например, нагул животных в период пяти месяцев небольшими группами в тридцать голов позволяет получить суточный прирост массы около 560–640 гр, при этом можно достигнуть повышения упитанности до высшей категории. Разведение животных многочисленными стадами (по сто голов) может привести к уменьшению скорости роста привеса. Выход мяса на кости при этом составил 44,4–45,8 %.

Исследованы влияние условий обитания яков в высокогорье Кабардино-Балкарии на уровень продуктивности животных [22]. В работе показаны экспериментальные данные, которые свидетельствуют, что в возрасте трех лет молодняк имеет живую массу 382,5 кг, массу убойной туши – 194,3 кг. Выход составил 50,12 %. В работах [16, 20] изучали мясную продуктивность яков и пищевую ценность мяса окинских яков. Авторами экспериментально установлено, что убойный выход туш от животных мужского пола в возрасте восемнадцать месяцев составляет 51,3 %.

В следующей работе [14] автором экспериментально изучены значения продуктивности не только бурятских яков, но и гибридов. По результатам эксперимента установлено, что значение убойного выхода мяса на кости яков немного ниже, чем соответствующий показатель у гибридных животных.

В следующих научных материалах приведены результаты эксперимента ученых по исследованию и анализу данных пищевой и биологической ценности мяса яков, которых разводят в различных районах страны [1, 2, 10, 11, 14, 15, 21, 24].

Выявлено, что более полные эксперименты по изучению показателей химического состава и органолептических характеристик ячины проведены по якам, обитающим в Кыргызии. Полученные данные достоверно и убедительно представлены в работе [1]. Отмечено, что содержание белковых веществ в мясе молодых животных составило около 20,4–22,1 % (в зависимости от степени упитанности), в мясе взрослых животных 20,4–22,4 %. Общее количество внутримышечных липидов в мясе животных высшей упитанности составило около 3,4–3,5 %. По микронутриентному составу мясо киргизских яков характеризуется более высоким содержанием таких элементов, как железо, натрий и калий, но более низким содержанием магния. Ценность мяса киргизских яков обеспечена относительно высоким количеством микроэлементов марганца (0,014–0,015 мг %), цинка (2,5–2,8 мг %) и железа в пределах 5000,0–6300,0 мкг % [1].

Алымбеков К. А. в другой своей работе [2] установил более низкую биологическую ценность мышечной ткани яков разного возраста, но одной упитанности (средней). Значение БЦ составило 75,1 %, что ниже по сравнению с БЦ говяжьей мышечной ткани. Автор связывает полученный результат с более высоким содержанием в ячине соединительной ткани.

В работе [1] были изучены вопросы ароматообразования мяса яков. Автор подтвердил участие следующих веществ в образовании вкуса и аромата мяса: аминокислот, таких как аспарагиновая кислота, глутаминовая кислота, серин, а также летучих жирных кислот, которые могут придавать мясу особенный, кислый привкус.

Изучение органолептических показателей термообработанного мяса яков выявило, например, устойчивость специфического аромата, вкуса и запаха ячины, которые больше характерны для мясного сырья от диких животных. Замечен более насыщенный темный цвет, в сравнении с мясом КРС, который может усиливаться в процессе его хранения. Особенностью является более насыщенный желтый цвет липидной части. Окраска бульона из мяса старых животных более желтого цвета, чем из мяса молодых.

Изучение структурных показателей мяса кыргызских яков выявило, что консистенция мяса имеет жестковатую структуру. Образцы мяса получили баллы в пределах 7,3–7,6, однако, общая балловая оценка ячины была неплохой. Автор выдвигает предположение о том, что суровые климатические и природные условия, а также обитание в высокогорных местах, может вызвать формирование дополнительной соединительной ткани в виде хрящей и сухожилий для нормального функционирования организма, что в свою очередь, может вызвать жесткую консистенцию ячины [1].

В проанализированных работах [7, 21, 24] изучены такие характеристики, как содержание основных компонентов мяса, биологическая эффективность мяса яков, обитающих в высокогорье Северного Кавказа. Показано, что содержание белковых веществ составило 22,5 %, липидов 6,8 %, при этом расчетная

энергетическая ценность мяса – 1449,6 калорий [7].

Автор в статье [24] показал результаты изучения содержания основных компонентов мяса яков, обитающих в Чечне. Полученные автором экспериментальные данные позволили установить содержание белковых соединений (22,1–23,7 %), липидных (8,2–11,3 %), влаги (64,4–69,2 %). Выявлено влияние времени забоя на содержание основных компонентов мяса. Например, в мясе бычков, забитых в январе, содержание воды составило 72,7 %, белкового компонента – 21,2 %, липидного – 6,04 %, минеральных веществ – 1,04 %. При забое в апреле месяце замечено увеличение в мышечной ткани массовой доли влаги до 76,1 %, снижение белка до 19,6 %, липидов до 4,36 %. Полученные данные показали, что в весенне-зимний отрезок времени у бычков наблюдается снижение убойного веса и значений показателей, характеризующих пищевую ценность мяса [24].

Изучены [22] для яков, обитающих в Кабардино-Балкарии, состав белков мяса. Автором установлено, что увеличение на пастбище доли растений с низкой пищевой ценностью приводит к понижению содержания незаменимых аминокислот на 35,1%, заменимых – на 20,1%. Снижение выхода мякотной части туши может быть связано с присутствием в мясе высокого содержания соединительной ткани.

В работе [19] исследовано мясо яков, которые обитают в высокогорьях региона Карачаево-Черкессии. Установлено, что мясо женских и мужских особей яков отличалось высоким содержанием белковых веществ (21,8–22,1 % к общей массе образца) при низких жировых отложениях – у взрослых особей женского пола только 2 %. Также отмечена интенсивная темная окраска мышечной ткани яка. Автор связывает это с повышенным

Таблица 4 – Аминокислотный состав мяса яков (г/100 г белка)

Table 4 – Amino-acid composition of yak meat (g / 100 g of protein)

Наименование аминокислот	Название экотипа				
	алтайский	бурятский	тяньшанский	памирский	монгольский
Изолейцин	3,54	3,65	4,02	4,57	3,67
Валин	4,32	4,61	4,83	5,32	4,67
Лейцин	6,71	6,39	7,30	7,85	6,75
Метионин	2,21	2,17	2,46	2,39	2,18
Лизин	10,74	9,62	9,51	10,79	10,46
Триптофан	1,11	1,19	1,36	1,35	1,25
Треонин	4,79	4,97	5,60	3,54	4,70
Фенилаланин	3,81	3,78	4,20	4,12	4,03
Сумма НАК	37,23	36,38	39,28	39,93	37,71
Аланин	7,31	6,87	6,64	8,58	6,98
Аспарагиновая	8,61	9,64	8,90	6,51	8,68
Аргинин	8,62	8,11	7,16	11,54	8,81
Глутаминовая	14,79	15,25	14,49	9,15	14,63
Гистидин	5,41	5,63	5,59	5,60	5,11
Серин	4,31	3,74	3,67	2,71	4,34
Глицин	5,89	6,98	6,67	6,30	5,73
Тирозин	3,09	2,89	3,10	4,19	3,35
Пролин	4,61	4,47	4,51	5,50	4,64
Сумма ЗАК	62,64	63,58	60,73	60,08	62,27

содержанием гемоглобина в крови животного в связи с его обитанием в условиях высокогорья.

Таким образом, обзор показал интерес ученых к исследованиям вопросов биологических особенностей, вопросов поведения, разведения, скрещивания яков. В научных трудах представлены данные морфофункциональных характеристик онтогенеза, популяционной конформации, мясной продуктивности, охраны популяций яков и результаты изучения пищевой ценности.

**3. Сравнительный анализ аминокислотного и жирнокислотного составов мяса яков разного экотипа.** В работе [15] авторами проведены сравнительные исследования аминокислотного и жирнокислотного составов мяса яков разных экотипов. Данные представлены в таблице 4.

Данные таблицы 4 показывают, что в мясе яков разных экотипов преимущественно содержатся следующие аминокислоты: лейцин, лизин – незаменимые, а также аргинин, аспарагиновая и глютаминовая кислоты – заменимые.

Представленные данные свидетельствуют о том, что состав аминокислот мышечной ткани яков разных экотипов близок к эталонному белку. Если проанализировать соотношение незаменимых и заменимых аминокислот, то можно сделать вывод о том, что значение соотношения наибольшее в мясе памирских (0,67) и тьянь-шаньских (0,66) яков. Значение анализируемого показателя ниже в мышечной ткани алтайских, бурятских и монгольских яков. В этих образцах соотношение незаменимых и заменимых аминокислот практически одинаковое и составляет 0,57–0,62.

Эти же авторы в следующей работе представили экспериментальные данные по исследованию состава жирных кислот, содержащихся в липидах яков различных экотипов. Результаты приведены в таблице 5. Представленные данные свидетельствуют о том, что липидная ткань яков содержит на 6,1 % больше ненасыщенных жирных кислот, при этом, по сравнению с говяжьим жиром, в четыре раза выше уровень полиненасыщенных жирных кислот. Можно предположить, что факторами экстенсивного накопления полиненасыщенных кислот у яков являются суровые природно-климатические условия их обитания, которые могут обеспечить ускоренные обменные процессы, в первую очередь за счет наиболее подвижных ненасыщенных кислот [11].

Авторы [11] также представили результаты экспериментальных исследований показателя содержания летучих жирных кислот (табл. 6).

Данные таблицы 6 свидетельствуют о том, что в мышечной ткани яков различных экотипов содержание летучих жирных кислот меняется от 45,6 до 54,04 %. Во всех исследуемых образцах достаточно высокий уровень уксусной кислоты. Также отмечено повышение количества летучих жирных кислот в исследуемых образцах при увеличении высоты обитания животных. Высокий уровень уксусной кислоты можно связать с более интенсивным метаболизмом у высокогорных животных, ввиду подвижного обмена веществ через ацетил-КоА путь [11].

В другой статье [13] ученые занимались изучением саянских яков. Были представлены результаты исследования компонентного состава длиннейшей

Таблица 5 – Жирнокислотный состав жира яков разных экотипов (%)

Table 5 – Fat-acid composition of yak fat according to ecotype (%)

Наименование кислоты	Название экотипа				
	алтайский	бурятский	тяньшанский	памирский	монгольский
C <sub>14:0</sub>	2,05	1,92	1,91	1,71	1,91
C <sub>15:0</sub>	0,27	0,17	0,15	0,25	0,21
C <sub>16:0</sub>	23,69	23,1	20,61	18,41	21,18
C <sub>16:1</sub>	1,81	1,82	2,01	2,19	1,91
C <sub>16:2</sub>	1,29	1,25	1,39	1,71	1,51
C <sub>18:0</sub>	20,41	19,71	20,58	20,01	20,14
C <sub>18:1</sub>	36,51	38,41	35,71	35,28	38,11
C <sub>18:2</sub>	5,25	5,02	6,71	8,11	6,11
C <sub>18:3</sub>	4,25	4,21	6,00	5,39	4,32
C <sub>20:0</sub>	2,31	2,09	2,00	2,01	1,60
C <sub>20:4</sub>	2,00	2,00	2,90	4,19	2,60
НенЖК	51,12	52,70	54,10	57,50	54,50

Таблица 6 – Содержание летучих жирных кислот в мышечной ткани яков разных экотипов (мг/100 г)

Table 6 – The content of volatile fatty acids in the muscle tissue of yaks according to ecotype (mg / 100 g)

Наименование кислоты, %	Название экотипа				
	алтайский	бурятский	тяньшанский	памирский	монгольский
C1-муравьиная	5,03	4,93	6,23	7,42	6,42
C2-уксусная	32,39	32,75	36,04	41,49	33,81
C3-пропионовая	8,61	9,85	11,38	12,24	10,53
C4-масляная	следы	следы	следы	следы	следы
Сумма кислот	46,39	45,60	54,04	61,67	51,17

мышцы спины кастрированных яков (30–32 мес.), рожденных весной. Были получены следующие показатели: массовая доля воды составила 72,9 %, белковых веществ – 23,7 %, липидов – 1,95 %.

При изучении в работе [16] мышечной ткани окинских яков-бычков в возрасте восемнадцати месяцев, были получены следующие данные: содержании воды 74,5 %, белка – 22,5 %, жира – 1,98 %, минеральных веществ – 1,13 %.

В Бурятии развитие яководства направлено на разведение животных мясных пород, так как этому хорошо способствуют факторы разведения и содержания яков. Факторы следующие: наличие продуктивных пастбищ и большой исторический опыт коренного населения в вопросах nomadic животноводства в высокогорье [5]. Яков в Республике разводят в Окинском и Закаменском районах. Популяции содержатся в изолированных условиях, нет возможности для смешения с животными родственными популяций яков, что обусловило формирование особого экотипа яков – бурятского.

Известно, что в середине девяностых годов, в период экономического упадка, во время распада колхозов и совхозов, сократилось количество разводимых яков. Например, в 1998 году их осталось около трех тысяч животных [19].

Население и руководство Окинского района постарались сохранить племенных животных и в настоящее время яков можно насчитать более четырех тысяч. В регионе, где расположен Окинский район, наибольшая высота достигает 3400 метров над уровнем моря. В таких условиях была выведена и зафиксирована новая порода яков «Як домашний, порода окинская».

*4. Результаты собственных исследований показателей безопасности, химического состава и биологической ценности мяса окинских яков.* Проведенный анализ доступной литературы по показателям безопасности и химического состава мяса яков показал, что по показателям пищевой и биологической ценности ячина схожа с говядиной, но имеет такие особенности, как более жесткое, чуть темнее, обладает характерным вкусом. Также показано, что факторы и условия высокогорного разведения яков могут повлиять на качественный состав аминокислот и жирных кислот.

Собственными исследованиями были определены показатели безопасности ячины,

Таблица 7 – Показатели безопасности мяса яков

Table 7 – Safety indicators of yak meat

Наименование показателя	ПДК, не более	Значение показателя
Токсичные элементы, мг/кг	Свинец	0,5
	Мышьяк	0,1
	Кадмий	0,05
	Ртуть	0,03
Антибиотики, ед/г	Левомецитин	Не доп. Не обнаружено
Радионуклиды, Бк/кг	Цезий -137	160 менее 25
	Стронций -90	50 менее 45

так как экологическая безопасность животного сырья обусловлена экологической обстановкой в местах содержания яков. Результаты исследования показателей безопасности ячины видны в таблице 7.

Полученные данные (табл. 7) свидетельствуют о низком содержании токсичных элементов и радионуклидов в мышечной ткани – в пределах допустимых нормативными документами. Это может служить подтверждением экологической чистоты высокогорья Окинского района. Что более всего характерно для мышьяка и свинца – меньше, чем на порядок по сравнению с ПДК, а содержание цезия 137 – в восемь раз.

В ячине не выявлено пестицидов, наверно потому, что яков разводят на естественных пастбищах, в формировании которых человек не принимает участия. Nomadic разведение животных и отсутствие их скученности обуславливает повышенный иммунитет яков, что может способствовать снижению вероятности распространения болезней. Вероятно, поэтому в ячине не обнаружено антибиотиков.

Далее исследовали безопасность печени яков как органа, который способствует обезвреживанию веществ, вредных для организма животного. Данные представлены в таблице 8.

Анализ данных таблицы 8 свидетельствует о том, что количество токсичных элементов в печени выше, чем в мясе, однако все же значительно ниже ПДК. В печени антибиотики и пестициды тоже не обнаружены. Соответствие печени нормативным требованиям по безопасности может говорить о том, что остальные субпродукты также безвредны в части показателей безопасности.

Далее были исследованы показатели компонентного состава мяса окинских яков (табл. 9).

В научных работах [11, 15] показаны сравнительные экспериментальные данные по мышечной ткани яков, обитающих в различных регионах, в зависимости от половых и возрастных признаков.

Вывод автора заключается в следующем: общее содержание фосфолипидов, соединительнотканых белков и ненасыщенных жирных кислот в ячине возрастает в следующей последовательности их расположения: бурятские – алтайские – монгольские – тьянь-шаньские – памирские. Эта последовательность

Таблица 8 – Показатели безопасности печени яков

Table 8 – Safety indicators of yak liver

	ПДК, не более	Печень яков
Токсичные элементы, мг/кг		
Свинец	0,6	0,04
Мышьяк	1,0	0,04
Кадмий	0,3	0,03
Ртуть	0,1	следы
ДДТ и его метаболиты	0,1	Не обнаружено
Радионуклиды, Бк/кг		
Цезий 137	160	менее 25
Стронций -90	50	менее 45

Таблица 9 – Содержание основных компонентов в сырье

Table 9 – Content of the main components in raw materials

Содержание, %	Виды мясного сырья				
	Мясо яков (место обитания)				Мясо крупного рогатого скота*
	Окинский район РБ	Закаменский район РБ*	Монголия*	Кыргызстан*	
Влага	71,26 ± 1,81	72,32	74,52	71,43	72,13
Белок, в т.ч.	21,54 ± 0,92	23,78	21,28	20,20	20,07
-соединительно- тканый белок	2,16 ± 0,14	–	–	2,27	1,85
Углеводы (гликоген)	1,87 ± 0,32	–	–	3,12	0,94
Липиды	4,22 ± 0,14	2,79	3,18	4,11	5,91
Зола	1,12 ± 0,07	1,11	1,02	1,13	1,08

\*литературные данные

напрямую связана с высотой разведения и обитания яков. В таблице 9 представлено количество основных компонентов в мясе разных пород и экотипов яков.

Как видно из экспериментальных данных таблицы 9 в ячине содержание влаги, белка, углеводов, липидов и микроэлементов несколько различается в зависимости от экотипа животных.

Например, наибольшее содержание жира отмечено в мясе яков окинской породы (4,23 %) и яков Кыргызстана (4,11 %). Возможно, оказывают влияние условия высокогорья: чем выше расположено место обитания животных, тем суровее условия.

Если рассматривать массовую долю белковых веществ, то можно отметить, что во всех исследуемых образцах ее значение примерно одинаково и составляет от 20,2 до 23,78 %. При этом важно отметить, что содержание соединительнотканых белков выше в мышечной ткани яков, чем в говяжьей (на 17,7 %). Скорее всего, данный факт связан с особенностями обитания яков – необходимостью постоянно перемещаться, совершая физические движения, что обуславливает развитие тканей, содержащих соединительную ткань (сухожилия, хрящи, динамические мышцы и т.д.).

Для доказательства наличия повышенного содержания соединительной ткани в составе мышц был изучен структурный показатель вареных образцов (усилие резания) мяса яков по сравнению с изучаемым

показателем в мясе крупного рогатого скота. Полученные результаты приведены на рисунке 2.

Значение усилия резания образцов мяса окинских яков составляет  $3,93 \times 10^2$  Н/м, что ниже исследуемого показателя в конском мясе на 5,34 % и выше, чем в говяжьем на 13,4 %.

Значимость мясного сырья для алиментарного/элиментарного функционирования организма человека обусловлена наличием белков, жиров и их количеством. Большое значение имеют микроэлементный и витаминный составы. Данные таблицы 10 демонстрируют экспериментальные данные по изучению минерального состава мяса окинских яков.

Для создания высокой пищевой ценности продуктов большое значение приобретает соотношение между элементами кальция и фосфора. Выявлено, что это соотношение составляет в ячине 1:12, в говядине – 1:18, тогда как рекомендуемое значение имеет вид 1:0,8. Известно, что мясному сырью характерно неблагоприятное соотношение данных элементов. Для достижения необходимого соотношения при разработке рецептур мясных изделий можно увеличить внесение кальция, например, использованием растительного сырья.

Также важным соотношением является кальция к магнию, которое рекомендуется как 1:0,6. Экспериментально установлено, что в мясе яков это соотношение составляет 1:5, в мясе крупного рогатого скота – 1:2.

Мясное сырье является основным поставщиком макроэлемента железа, которое из мяса и мясных изделий усваивается на 30 %, в то время, как из растений всего на 10 %. Нехватка железа в организме человека может вызвать нарушение хода ферментативных реакций в организме, снижение иммунитета, слабость, ухудшение состояния кожи, волос, ногтей и т. д. Анализ полученных данных, представленных в таблице 10, показал, что в мясе окинских яков – на 20,4 % больше содержание железа по сравнению с его содержанием в говяжьем мясе.

Железо в мясе содержится в составе белков миоглобина и гемоглобина. Высокое содержание элемента железа в составе саркоплазматических белков миоглобина в мышечной ткани яков способствует более темной окраске мяса яков

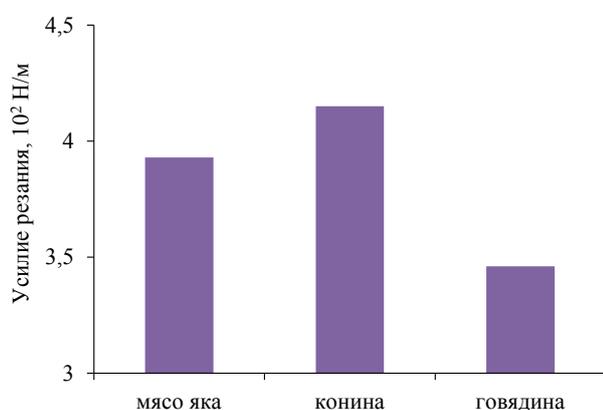


Рисунок 2 – Усилие резания вареного мяса

Figure 2 – Cutting force of boiled yak meat, horse meat, and beef

Таблица 10 – Сравнительная характеристика минерального состава мясного сырья  
Table 10 – Comparative characteristics of the mineral composition of raw meat

Показатель	Мясо яков окинских	Говядина	Суточная норма
Зола, %	1,21	1,12	–
Содержание макроэлементов, мг/100 г			
Кальций (Ca)	11,62	10,22	1000
Калий (K)	357,51	355,44	2500
Магний (Mg)	20,33	22,25	40
Натрий (Na)	52,72	73,62	1300
Сера (S)	214,21	230,21	1000
Фосфор (P)	175,63	188,35	800
Хлор (Cl)	–	59,16	5000–6000
Содержание микроэлементов, мкг/100 г			
Железо (Fe)	3370,4	2800,2	10000–18000
Йод (I)	–	7,22	150
Кобальт (Co)	5,12	7,53	100–200
Марганец (Mn)	33,05	35,66	5000
Медь (Cu)	192,21	182,65	1000
Молибден (Mb)	3,28	11,63	70
Никель (Ni)	12,35	8,67	–
Олово (Pb)	–	75,78	–
Фтор (F)	32,42	63,42	4000
Хром (Cr)	8,53	8,23	50
Цинк (Zn)	4188,25	3240,41	12000
Селен (Se)	0,46	–	70

с говяжьим. Существует предположение, что повышенное содержание миоглобина в ячине можно связать с нехваткой кислорода в воздухе высокогорья, в связи с чем организм яков, приспосабливаясь к условиям обитания, вырабатывает необходимое для функционирования органов животного дополнительное количество миоглобина.

В ходе эксперимента исследовано содержание миоглобина в толще различных мышц яков, которые несут разную динамическую нагрузку. Данные представлены на рисунке 3.

Представленные на рисунке 3 данные свидетельствуют о том, что интенсивно работающие мышцы животного имеют в своем составе больше миоглобина из-за большей потребности в кислороде.

Так, содержание миоглобина в динамических мышцах: двуглавой мышце бедра выше на 4,0 %, в трехглавой мышце плеча – на 2,4 %, а в полусухожильной мышце – на 1,2 % по сравнению с его содержанием в длиннейшей мышце спины, играющей по большей части статическую роль.

Известно, что миоглобин легко соединяется с различными газообразными веществами, например, кислородом, окисью азота, сероводородом и другими веществами с образованием производного миоглобина: оксимиоглобина, который может превращаться в метмиоглобина. В связи с этим было исследовано общее содержание пигментов в разных видах мяса, представленное на рисунке 4.

Анализ полученных данных свидетельствует о том, что мясо яков по сравнению с говяжьим, имеет

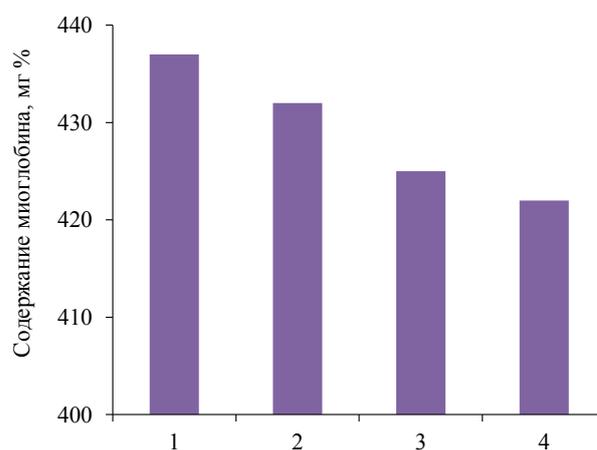


Рисунок 3 – Содержание миоглобина в разных мышцах окинского яка

Figure 3 – Myoglobin content in different muscles of Okinsky breed

- 1 – двуглавая мышца бедра
- 2 – трехглавая мышца плеча
- 3 – полусухожильная мышца
- 4 – длиннейшая мышца спины.
- 1 – biceps femoris
- 2 – triceps
- 3 – semitendinosus muscle
- 4 – the rib eye

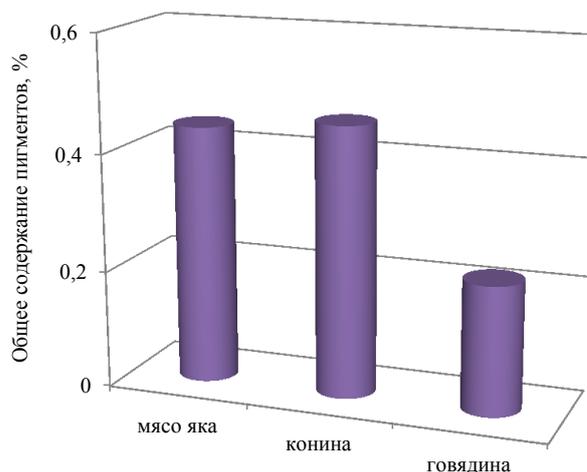


Рисунок 4 – Общее содержание пигментов в разных видах мяса

Figure 4 – The total content of pigments in various types of meat

в своем составе более высокое содержание общего количества пигментов.

На следующем этапе было исследовано содержание витаминов в мясе яков. В таблице 11 представлено содержание витаминов в мясе окинских яков по сравнению с их содержанием в говядине.

Анализ экспериментальных данных по количеству витаминов в мясе яков показал повышенное, почти в пять раз, содержание витамина В<sub>1</sub> в мясе яков бурятского экотипа в сравнении с говяжьим.

В мясе яков содержание витамина В<sub>2</sub>, который чрезвычайно устойчив к термическому воздействию (95–100 °С), выше в сравнении с говядиной в пять раз.

От витамина В<sub>3</sub> (пантотеновая кислота) зависят многие метаболические процессы, например, липидов и углеводов, образование половых гормонов,

Таблица 11 – Витаминный состав разного вида мяса  
Table 11 – Vitamin composition of various types of meat

Витамины	Содержание витаминов, мг/100 г	
	Мясо окинского яка	Говядина*
Тиамин (В <sub>1</sub> )	0,48 ± 0,11	0,13
Рибофлавин (В <sub>2</sub> )	1,09 ± 0,33	0,22
Пантотеновая кислота (В <sub>3</sub> )	0,63 ± 0,05	0,91
Ниацин (РР)	3,10 ± 0,12	5,45
Ретинол (А)	0,039 ± 0,007	0,0022
Токоферол (Е)	0,073 ± 0,008	следы
Каротин	9,82 ± 0,31	1,62
Никотиновая кислота	4,82 ± 0,52	3,06

\*литературные данные

Таблица 12 – Содержание аминокислот  
Table 12 – Amino-acid content

Название аминокислоты	Содержание аминокислот, г на 100 г белка	
	Мясо окинских яков	Говядина*
	Незаменимые	
Изолейцин	5,22	5,10
Валин	5,13	5,71
Лизин	7,55	8,12
Лейцин	8,16	8,43
Треонин	5,32	4,05
Метионин + цистин	4,63	3,61
Триптофан	1,32	1,13
Фенилаланин + тирозин	6,75	7,22
	Заменимые	
Аргинин	7,33	5,54
Аланин	5,51	5,91
Гистидин	3,94	3,73
Аспарагиновая кислота	9,62	9,82
Глицин	4,82	5,11
Глутаминовая кислота	15,33	16,1
Пролин	4,54	4,4
Серин	3,92	3,5

\*литературные данные

особенно эстрогенов. В мясе яков содержание витамина В<sub>3</sub> составляет 0,63 мг %, что ниже, чем в говядине.

Содержание витамина РР в мясе яков ниже, чем в говяжьем, и составляет 3,10 мг %. Основное физиологическое значение витамина РР заключается в его участии в качестве переносчика электронов в окислительно-восстановительных реакциях.

Отмечено более высокое (почти в 10 раз) содержание витамина А в мясе яков по сравнению с говядиной. Витамин А содержится в продуктах животного происхождения. В организме человека витамин А может синтезироваться из бета-каротина, содержание которого в липидах яков выше почти в шесть раз. Более высокое содержание каротина обуславливает яркий желтый цвет жира яков.

В таблице 12 представлены экспериментальные данные по исследованию аминокислотного состава

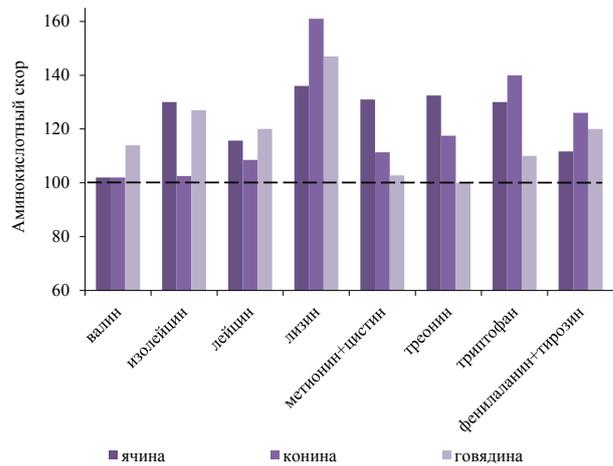


Рисунок 5 – Аминокислотный скор белков разного вида мяса

Figure 5 – Amino-acid proteins in various types of meat

Таблица 13 – Расчетные коэффициенты БЦ мясного сырья  
Table 13 – Calculated protein values in raw meat

Показатели	Виды мясного сырья	
	Мясо окинских яков	Говядина
Потенциальная ценность белка БЦ <sub>п</sub> , %	78,82	82,3
Коэффициент утилизации белка U, → 1,0	0,84	0,86
Коэффициент сопоставимости избыточности аминокислотного состава белка σ, → 0	0,061	0,057

мяса яков с целью формирования более полного представления о качестве белка.

Экспериментальные данные таблицы 12 показали, что мясо яков содержит все незаменимые аминокислоты, как и говядина. Общее содержание незаменимых аминокислот в ячине почти не отличается от содержания в говяжьем мясе.

Полное представление о биологической эффективности мясного сырья не может дать просто содержание аминокислот. Необходимо изучение сбалансированности аминокислот в сравнении с эталоном. Поэтому рассчитан скор незаменимых аминокислот и полученные данные представлены на рисунке 5.

Анализ экспериментальных данных рисунка 4 подтвердил, что мясо окинских яков содержит все незаменимые аминокислоты, также как и мясо крупного рогатого скота.

Для подтверждения сбалансированности белков ячины исследованы такие показатели биологической ценности, как коэффициент утилизации белка (U), коэффициент сопоставимости избыточности аминокислотного состава белка (σ), потенциальная ценность белка (БЦ<sub>п</sub>) (табл. 13).

Как свидетельствуют данные таблицы 13, значение потенциальной БЦ белков в ячине более низкое, чем

Таблица 14 – Жирнокислотный состав липидов яков, %

Table 14 – Fatty acid composition of lipids in yak meat,%

Наименование жирных кислот	Мясо яков			
	Окинский р-н РБ	Закаменский р-н РБ*	Монголия*	Кыргызстан*
Насыщенные:	47,31	44,88	47,81	40,35
C <sub>14:0</sub> миристиновая	2,03	1,92	2,74	2,01
C <sub>15:0</sub> пентадециновая	0,55	0,15	1,15	0,52
C <sub>16:0</sub> изопальмитиновая	0,53	–	–	–
C <sub>16:0</sub> пальмитиновая	22,42	23,12	23,12	21,43
C <sub>17:0</sub> маргарининовая	1,06	–	2,75	–
C <sub>18:0</sub> стеариновая	20,84	19,73	18,23	20,04
Мононенасыщенные:	31,16	40,24	32,05	37,52
C <sub>14:1</sub> миристолеиновая	0,57	–	0,46	–
C <sub>16:1</sub> пальмитолеиновая	2,35	1,85	3,59	2,53
C <sub>17:1</sub> гептадециновая	0,82	–	0,68	–
C <sub>18:1</sub> олеиновая	27,13	38,42	27,28	35,35
C <sub>19:1</sub> нонадециновая	0,36	–	–	–
Полиненасыщенные:	11,52	9,24	10,17	16,32
C <sub>18:2</sub> линолевая	5,23	5,07	4,58	6,11
C <sub>18:3</sub> линоленовая	4,21	4,22	3,65	6,08
C <sub>18:4</sub> арахидоновая	2,12	–	1,98	4,21

\* литературные данные

в говядине из-за большей разбалансированности аминокислотного сора по таким аминокислотам, как треонин, триптофан и серусодержащие.

Анализ интегрального коэффициента утилизации белков показал, что в мясе яков наблюдается примерно сопоставимый с говяжьим мясом коэффициент утилизации белковых веществ. Показатель коэффициент сопоставимой избыточности аминокислотного состава в ячине чуть выше, чем в говядине, примерно на пять процентов.

Количество липидов в мясе влияет на его энергетическую ценность, а также они являются поставщиками биологически активных нутриентов, в связи с этим важно изучить жирнокислотный состав липидов яков (табл. 14).

Данные таблицы 14 показали, что жирнокислотный состав липидов окинских яков близок к жиру монгольских яков – идентичная среда обитания. Липиды окинских яков содержат больше на 19,9 % ПНЖК по сравнению с жиром закаменских яков. Также играет роль высота разведения яков.

Отмечено, что наибольшее содержание в представленных образцах имеют такие насыщенные кислоты, как пальмитиновая и стеариновая, мононенасыщенные – олеиновая. Содержатся и полиненасыщенные жирные кислоты, например, линолевая, линоленовая и арахидоновая кислоты.

Известно, что соотношение таких жирных кислот, как линолевая и линоленовая, имеет важное значение для биологической эффективности жирового компонента. Расчет данного соотношения показал, что оно составило в жире яков различного экотипа (1,01–1,26):1. Такое соотношение является неэффективным, поэтому для обеспечения биологической ценности готового продукта можно при производстве мясных изделий сочетать ячий жир с полноценными растительными маслами.

Экспериментальные исследования показали, что пищевая ценность мяса яков зависит от высоты обитания животных. Например, количество полиненасыщенных жирных кислот тем больше, чем выше расположено место обитания яков.

Содержание внутримышечных соединительнотканых белков, которые могут повлиять на консистенцию готового изделия выше на 12,1 % в мясе окинского яка, чем в говядине. Выше и содержание основного углевода мяса – гликогена – на 34,1 %.

5. Исследование технологических свойств мяса окинских яков и их изменение при автолизе. Повышенное содержание гликогена может повлиять на направленность послеубойных изменений. В связи с этим было изучено изменение биохимических показателей в процессе автолиза мяса окинских яков.

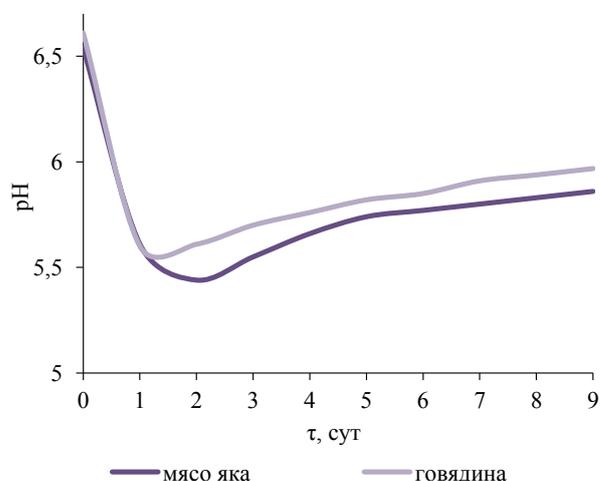


Рисунок 6 – Динамика изменения pH в мясе яков и крупного рогатого скота

Figure 6 – Dynamic patten of pH in yak meat and beef

Были изучены такие показатели, характеризующие автолитические реакции, как pH, активность тканевых протеолитических ферментов, показатели, характеризующие технологические свойства сырья с целью выбора оптимальных сроков охлаждения ячины для получения качественных мясных изделий.

За точку отсчета на представленных рисунках принят период два-три часа после убоя животного, в течение которого принято считать мясо парным. Были выделены образцы мясной ткани из длинейших мышц спины яков лошадей и крупного рогатого скота, упакованы и хранились при температуре 3–4 °С.

В результате убоя животного и прекращения жизнедеятельности организма животного, в мышцах происходит анаэробное разложение гликогена путем фосфоролиза, в результате которого наблюдается накопление молочной кислоты. Содержание накопленной молочной кислоты напрямую связано с содержанием гликогена в мышцах. В мышцах окинских яков уровень гликогена выше почти в 2 раза по сравнению с его содержанием в говядине. Уровень накопления молочной кислоты можно охарактеризовать изменением показателя кислотности среды, описываемое показателем pH. На рисунке 6 представлено изменение значения показателя pH в мясе яков и крупного рогатого скота.

Полученные экспериментальные данные показывают схожесть направленности динамики pH в ячине и говядине – посмертное окоченение на первые-вторые сутки и затем его разрешение. Однако, из рисунка видно, что в ячине процесс гликолиза растянут по сравнению с говядиной. Например, минимум ячины pH равен 5,44 и достигается на вторые сутки, тогда как в говядине минимум pH равен 5,6 и принимает это значение уже на вторые сутки. Отмечено более низкое фактическое значение минимума в ячине на 0,16 единиц, по сравнению с этим показателем, в говядине из-за разницы в содержании основного углевода мяса – гликогена.

Изменения белковых соединений в мясном сырье напрямую связаны с ферментативными процессами под воздействием катепсинов и кальпаинов. В парном мясе активность кальцийзависимых протеиназ – кальпаинов, сосредоточенных в саркоплазме, наивысшая. В связи с этим вначале исследовали активность кальпаинов. Данные представлены на рисунке 7.

Данные, представленные на рисунке 7, свидетельствуют о том, что уровень активности кальпаинов зависит от вида исследуемого сырья и значения кислотности среды. В самом начале процесса в ячине уровень активности кальпаинов на 13,1 % ниже, чем в мясе крупного рогатого скота. После автолиза происходит инактивация ферментов кальпаинов, наблюдается снижение скорости падения их активности в течение трех суток. Это может быть связано с изменением кислотности среды и проявлением деятельности ингибитора – кальпастина. При автолизе наблюдается проявление активности элемента кальция,

поддерживающего нейтральные кальпаины. Это будет способствовать более медленному понижению активности кальпаинов в период четырех суток эксперимента, хотя уровень pH остается низким.

Дальнейшее понижение значения показателя pH в послеубойный период создает условия для выхода катепсина D из лизосом и дальнейшей их активизации. На рисунке 8 представлены результаты эксперимента по изучению активности катепсина D в период автолитических процессов в мышечной ткани мясного сырья. Полученные данные показали одинаковую направленность, но различный характер его изменения. Начальное значение активности катепсина в исследуемых образцах невысокое и составило 0,041 мкМ/мин на 1 г белка.

Исходя из рисунка, видно, что в исследуемых образцах мышечной ткани происходит повышение

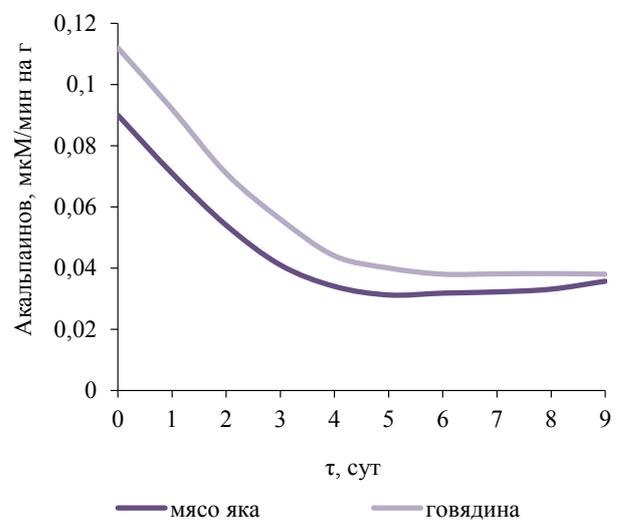


Рисунок 7 – Зависимость активности кальпаинов мяса яков и говядины от продолжительности автолиза

Figure 7 – Dependence of the activity of calpain in yak meat and beef on the duration of autolysis

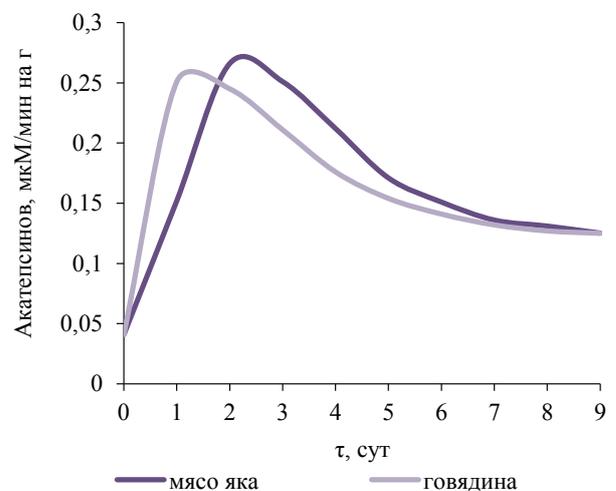


Рисунок 8 – Изменение активности катепсина D мышечной ткани

Figure 8 – Changes in the activity of cathepsin D in muscle tissue of yak meat and beef

активности катепсинов. Так, наибольшего значения в говядине, равного 0,251 мкМ/мин на 1 г белка, активность катепсина достигает через двадцать четыре часа, но в дальнейшем происходит плавное снижение активности фермента. В ячине процесс активизации катепсина длиннее на двадцать четыре часа: наибольшее значение достигается на вторые сутки. Интенсификация процесса высвобождения катепсинов при автолизе наблюдается из-за высокой проницаемости и повышения концентрации водорода в саркоплазматической жидкости. Далее происходит снижение активности катепсинов ввиду увеличения содержания веществ, ингибирующих их активность.

Для доказательства взаимосвязи показателя кислотности объектов изучения и активности ферментов мышечной ткани был рассчитан коэффициент корреляции, который составил 0,93, что доказывает тесную корреляцию изучаемых показателей.

После воздействия протеолитических ферментов на белковую систему мяса в период автолитических процессов должны наблюдаться гидролиз и набухание коллагеновых молекул под действием образующейся молочной кислоты. Гидролиз коллагена влечет улучшение структурно-механических свойств мышечной ткани после термообработки. Для доказательства факта размягчения мяса в период автолиза и созревания был изучен показатель усилие резания вареного мяса на приборе Уорнера-Братцлера. Данные представлены в таблице 15.

Представленные в таблице данные свидетельствуют о том, что уровень значения показателя усилие резания коррелирует с показателями, характеризующими биохимические процессы в мясе после убоя. Так, в мясе яков на вторые сутки наблюдается наибольшее значение усилия резания, что характеризует мясо как жесткое, а в говядине уже на первые сутки. Абсолютные значения исследуемого показателя в мясе яков в продолжение всего эксперимента выше по сравнению с таковыми в мясе крупного рогатого скота. Можно предположить, что глубина автолиза наряду с видом мяса влияет на консистенцию изучаемых образцов.

На следующем этапе были отобраны созревшие образцы мяса – яков на шестые сутки созревания, крупного рогатого скота на четвертые сутки – и изучены технологические показатели.

Таблица 15 – Усилие резания мяса в период автолиза  
Table 15 – Cutting force during the autolysis period

Продолжительность, сут	Усилие резания мяса, (× 10 <sup>2</sup> Н/м) Мясо яков	Говядина
0	3,82 ± 0,021	3,42 ± 0,032
1	4,31 ± 0,020	4,31 ± 0,031
2	4,92 ± 0,041	4,24 ± 0,042
3	4,63 ± 0,032	4,15 ± 0,034
4	4,05 ± 0,033	3,82 ± 0,028
5	3,81 ± 0,024	3,61 ± 0,034
6	3,53 ± 0,027	3,35 ± 0,043
7	3,22 ± 0,031	3,06 ± 0,031

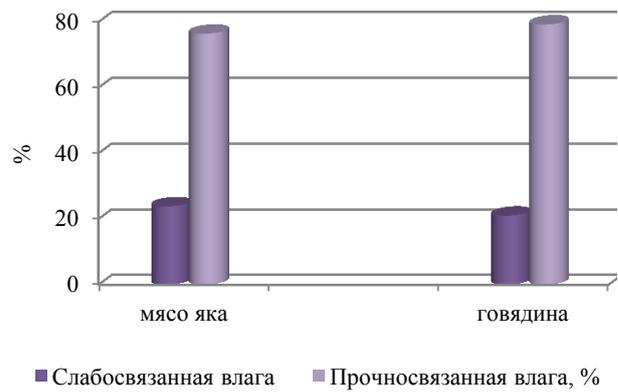


Рисунок 9 – Относительное содержание слабо- и прочносвязанной влаги

Figure 9 – The relative content of loosely and strongly bound moisture in yak meat and beef

При выработке мясopодуkтов большое значение имеют показатели, характеризующие уровень удержания влаги в структуре мышечной ткани или фаршевой системы. В связи с этим изучены содержание прочносвязанной влаги, которая включает адсорбционную и осмотическую, и слабосвязанной, представляющей собой механически связанную влагу. На рисунке 9 представлены исследуемые показатели.

Исследования, представленные на рисунке 8, показали, что в мясе яков уровень содержания прочносвязанной влаги меньше на 3,1 %, чем в говяжьем мясе. Основную роль в удержании влаги в мясной системе играют миофибриллярные белки. Более низкое содержание прочносвязанной влаги в мясе яков коррелирует с повышенным содержанием в нем соединительнотканых белков.

Далее изучали уровень влагосвязывающей способности и потери массы при термообработке ячьего мяса, данные приведены на рисунке 10.

Данные рисунка 10 показали, что ячине, по сравнению с говядиной, присущ более низкий

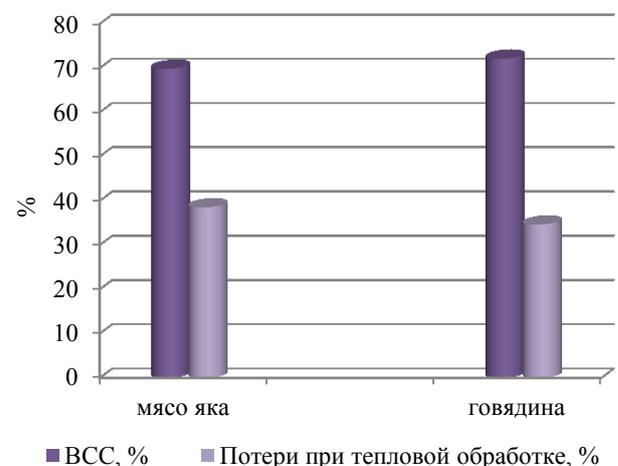


Рисунок 10 – Изменение показателей гидрофильных свойств мяса

Figure 10 – Changes in the indicators of the hydrophilic properties of yak meat and beef

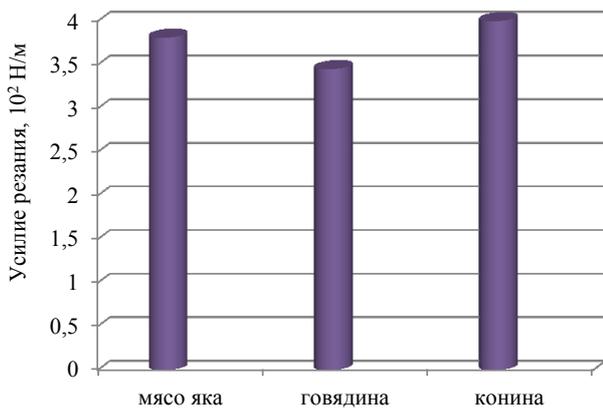


Рисунок 11 – Усилие резания мышечной ткани  
Figure 11 – Cutting effort in muscle tissue

уровень влагосвязывающей способности и одновременно более высокий уровень потерь массы при термообработке почти на 3,2%. Этот факт важно учитывать при разработке новых рецептур мясных изделий с использованием ячины.

Далее на рисунке 11 представлены значения показателя, характеризующего структуру мяса.

Показано, что значение усилия резания термообработанного мяса яков имеет значение среднее между показателем усилия резания таких видов мясного сырья, как говядина и конина (рис. 10). Более жесткая консистенция ячины по сравнению с говядиной может быть обусловлена более высоким содержанием соединительной ткани.

### Выводы

Результаты анализа доступных литературных источников свидетельствуют, что ячина не уступает мясу говяжьему по качественному составу основных компонентов, однако имеет свои особенности: более

темную окраску, а консистенцию жестче. Условия и среда обитания яков оказывают значительное влияние на состав основных компонентов, аминокислот и жирных кислот. Выявлена разница морфологических характеристик и химического состава тканей яков, разводимых в различных регионах. Например, чем выше расположено пастбище относительно уровня моря, тем выше содержание в мясе жировой ткани с полиненасыщенными жирными кислотами. Содержание соединительнотканых белков выше в ячине на 18,5%, что влияет на жесткость вареного мяса. Экспериментально выявлено, что срок разрешения посмертного окоченения ячины (около 2 суток) несколько длителен по сравнению с исследуемым сроком в говядине, что может быть связано с большим количеством гликогена.

### Список сокращений

РБ – Республика Бурятия, КРС – крупный рогатый скот, ПДК – предельно допустимая концентрация, ВСС – влагосвязывающая способность.

### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### Благодарности

Авторы выражают благодарность начальнику отдела пищевой и перерабатывающей промышленности Министерства сельского хозяйства и продовольствия к.э.н. Полозовой Т. В. за предоставленные статистические данные по мясному сырию и мясопродуктам.

### Финансирование

Работа выполнена в рамках Госзадания Минобрнауки РФ №19.5486.2017/БЧ.

### Список литературы

1. Алымбеков, К. А. Исследование потребительских свойств и разработка системы менеджмента качества мяса яков: дисс. ... д-ра техн. наук: 05.18.15 / Алымбеков Кенешбек Асанкожоевич. – М., 2009. – 48 с.
2. Алымбеков, К. А. Мясная продуктивность яков киргизского экотипа / К. А. Алымбеков // Материалы Международной научно-практической конференции / Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева. – М., 2014. – Т. 4. – С. 11–15.
3. Алымбеков, К. А. Особенности мясной продуктивности киргизских яков / К. А. Алымбеков // Вестник Челябинской государственной агроинженерной академии. – 2014. – Т. 70. – С. 147–152.
4. Як окинский / С. Г. Бадмаев, В. А. Тайшин, Ч. М. Санданов [и др.]. – Улан-Удэ : Бурятский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук, 2009. – 152 с.
5. Бадмаев, С. Г. Экология яка и их гибридов / С. Г. Бадмаев. – Улан-Удэ, 2007. – 236 с.
6. Исследование активности тканевых протеиназ в процессе автолиза мяса яка / Б. А. Баженова, Г. Н. Амагзаева, М. В. Баглаева [и др.] // Все о мясе. – 2013. – № 6. – С. 28–32.
7. Особенности технологических свойств мяса яков бурятского экотипа / Б. А. Баженова, Н. В. Колесникова, И. А. Вторушина [и др.] // Все о мясе. – 2012. – № 3. – С. 18–20.
8. Дубровин, А. И. Теория и практика акклиматизации и адаптации яков в Северо-Кавказском регионе: автореф. дис. ... докт. с-х. наук: 06.02.04 / Дубровин Александр Иванович. – Нальчик, 2006. – 41 с.
9. Журавская, Н. К. Исследование и контроль качества мяса и мясопродуктов / Н. К. Журавская, Л. Г. Алехина, Л. М. Отрященко. – М. : Агропромиздат, 1985. – 296 с.
10. Забалуева, Ю. Ю. Методы исследования сырья и продуктов животного происхождения / Ю. Ю. Забалуева. – Улан-Удэ : Восточно-Сибирский Государственный Университет Технологий и Управления, 2016. – 152 с.

11. Калашников, И. А. Зоотехнические и организационные основы nomadного животноводства Забайкалья / И. А. Калашников. – Улан-Удэ : Бурятская Государственная Сельскохозяйственная Академия им. В. Р. Филиппова, 2003. – С. 30–40.
12. Кметь, А. М. Мясная продуктивность, качество мяса разных экотипов и разработка рациональных путей его промышленной переработки: дисс. ... канд. с.-х. наук: 06.02.04 / Кметь Алексей Моисеевич. – Новосибирск, 1987. – 20 с.
13. Косилов, В. И. Результаты разведения яков в Таджикистане / В. И. Косилов, Т. А. Иргашев, Б. К. Шабунова // Вестник мясного скотоводства. – 2016. – Т. 96, № 4. – С. 109–117.
14. Кошоева, Т. Р. Разработка технологии продуктов из мяса яка: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.04 / Кошоева Толгонай Рысбековна. – Бишкек, 2008. – 23 с.
15. Кудряшов, Л. С. Производство деликатесных продуктов из мяса яков / Л. С. Кудряшов, Б. С. Тамабаева, Т. Р. Кошоева // Мясная индустрия. – 2009. – № 5. – С. 57–59.
16. Луду, Б. М. Мясная продуктивность молодняка яков / Б. М. Луду, Б. К. Кан-Оол // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2016. – Т. 249, № 2. – С. 57–60.
17. Мкртчян, Ш. А. Аминокислотный состав мяса яков разных экотипов / Ш. А. Мкртчян, М. С. Уманский, А. М. Кметь. – М. : Россельхозакадемия, 1993. – № 4. – С. 57–62.
18. Насатуев, Б. Д. Яководство Бурятии и пути его развития / Б. Д. Насатуев. – Улан-Удэ : Бурятская Государственная Сельскохозяйственная Академия им. В. Р. Филиппова, 2008. – 89 с.
19. Норов, А. Н. Современное состояние и перспективы развития яководства в Таджикистане / А. Н. Норов // Известия Академии наук Республики Таджикистан. Отделение биологических и медицинских наук. – 2011. – № 2. – С. 67–71.
20. Плотников, Д. А. Товароведные особенности и органолептические показатели качества мяса яков (сар-лык) Алтая / Д. А. Плотников, О. В. Рязкин, О. Н. Сороколетов // Пища. Экология. Труды XIII международной научно-практической конференции / Красноярский государственный аграрный университет. – Красноярск, 2016. – С. 50–54.
21. Постановление Правительства Республики Бурятия от 28.02.2013 № 102 «Об утверждении Государственной программы «Развитие агропромышленного комплекса и сельских территорий в Республике Бурятия».
22. Сатыбалдиева, А. М. Особенности сенсорных показателей мяса яков / А. М. Сатыбалдиева // Вестник Челябинской государственной агроинженерной академии. – 2014. – Т. 68. – С. 124–127.
23. Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство: статистический сборник / Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Республике Бурятия. – Улан-Удэ, 2017.
24. Атлас nomadных животных / В. А. Тайшин, Б. Б. Лхасаранов, Р. Джеймс [и др.] // Новосибирск : Сибирское отделение РАН, 1999. – 284 с.
25. К вопросу перспективности использования мяса яков / Б. С. Тамабаева, Л. К. Герсимова, Т. Р. Кошоева [и др.] // Пищевая технология и сервис. – 2003. – № 2. – С. 20–25.
26. Теммоев, М. И. Экологические предпосылки и последствия акклиматизации яков (*Bos grunniens Lin.*) в Кабардино-Балкарии: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.16, 03.00.32 / Теммоев Музафар Ибрагимович. – Махачкала, 2004. – 145 с.
27. Улимбашева, Р. А. Поведенческие реакции яков при адаптации в высокогорных урочищах Северо-кавказского региона / Р. А. Улимбашева, М. Б. Улимбашев, А. И. Дубровин // Вестник Алтайского государственного аграрного университета, 2016. – Т. 140, № 6. – С. 104–107.
28. Черткиев, Ш. Ч. Образование аминокислотного состава мяса яков с возрастом, в зависимости от условий выращивания, пола и сроков высокогорного нагула / Ш. Ч. Черткиев // Интернаука. – 2017. – Т. 19, № 15. – С. 19–28.
29. Чилаев, С. Ш. Мясная продуктивность и товарно-технологические качества продуктов убоя яков: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.02.04 / Чилаев Салавдин Шадитович. – Нальчик, 2005. – 136 с.
30. Чысыма, Р. Б. Хозяйственно-биологические особенности яков в различных экологических условиях Республики Тыва: автореф. дис. ... докт. биол. наук: 06.02.01 / Чысыма Роза Байындыевна. – Новосибирск, 2006. – 44 с.
31. Epstein, H. Y. Jak and chauri / H. Y. Epstein // World Animal Review. – 1994. – Vol. 9. – P. 8–19.
32. Krzywicki, K. Assessment of relative content of myoglobin, oxymyoglobin and metmyoglobin at surface of beef / K. Krzywicki // Meat Science. – 1979. – № 3. – P. 1–10.
33. Phillips, R. W. Jaks and yak-cattle hybrids in Asia / R. W. Phillips, J. A. Tolstoy, R. G. Jonson // Journal of Heredity. – 1946. – Vol. 37, № 6. – P. 146–170.
34. Singh, U. B. Jak – an important animal of Asian mountains / U. B. Singh // Indian Veterinary Medical Journal. – 1987. – Vol. 2. – P. 125–127.

## References

1. Alymbekov K.A. *Issledovanie potrebitel'skikh svoystv i razrabotka sistemy menedzhmenta kachestva myasa yakov*. Diss. dokt. tekhn. nauk [The study of consumer properties and the development of quality management system for yak meat. Dr. eng. sci. diss.]. Moscow, 2009, 43 p.
2. Alymbekov K.A. Myasnaya produktivnost' yakov kirgizskogo ehkotipa [Meat productivity of the yaks of the Kyrgyz ecotype]. *Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Proceedings of the International Scientific-Practical Conference]. Moscow, 2014, vol. 4, pp. 11–15. (In Russ.).
3. Alymbekov K.A. The meat productivity features of Kyrgyz yaks. *Vestnik Chelyabinskoy gosudarstvennoy agroinzhenernoy akademii* [Bulletin of the Chelyabinsk State Agroengineering Academy], 2014, vol. 70, pp. 147–152. (In Russ.).

4. Badmaev S.G., Tayshin V.A., Sandanov Ch.M., et al. *Yak okinskiy* [The yak of the Okinsky breed]. Ulan-Ude: Buryat scientific center of the Siberian branch of the Russian Academy of Sciences Publ., 2009. 150 p. (In Russ.).
5. Badmaev S.G. *Ehkologiya yaka i ikh gibridov* [Ecology of the yak and its hybrids]. Ulan-Ude, 2007. 236 p. (In Russ.).
6. Bazhenova B.A., Amagzaeva G.N., Baglaeva M.V., and Danilov M.B. Research activity of tissue proteases in the process of autolysis of yak meat. *All about meat*, 2013, no. 6, pp. 28–32. (In Russ.).
7. Bazhenova B.A., Kolesnikova N.V., Vtorushina I.A., and Amagzaeva G.N. Osobennosti tekhnologicheskikh svoystv myasa yakov buryatskogo ehkotipa [Features of technological properties of yak meat of the Buryat ecotype]. *All about meat*, 2012, no. 3, pp. 18–20. (In Russ.).
8. Dubrovin A.I. *Teoriya i praktika akklimatizatsii i adaptatsii yakov v Severo-Kavkazskom regione*. Diss. dokt. sel'skokhoz. nauk [Theory and practice of acclimatization and adaptation of yaks in the North Caucasus region: author's abstract. Dr. agricultural sci. diss.]. Nalchik, 2006, 41 p.
9. Zhuravskaya N.K., Alekhina L.G., and Otryashenkova L.M. *Issledovanie i kontrol' kachestva myasa i myasoproduktov* [Research and quality control of meat and meat products]. Moscow: Agropromizdat Publ., 1985. 296 p. (In Russ.).
10. Zabalueva Yu.Yu. *Metody issledovaniya syr'ya i produktov zhitovnogo proiskhozhdeniya* [Methods of research of raw materials and products of animal origin]. Ulan-Ude: East Siberia State University of Technology and Management Publ., 2016. 152 p. (In Russ.).
11. Kalashnikov I.A. *Zootekhnicheskie i organizatsionnye osnovy nomadnogo zhitovnovodstva Zabaykal'ya* [Zootechnical and organizational bases of nomadic cattle breeding in Transbaikalia]. Ulan-Ude: Buryat State Academy of Agriculture Publ., 2003. 30–40 p. (In Russ.).
12. Kmet' A.M. *Myasnaya produktivnost', kachestvo myasa raznykh ehkotipov i razrabotka ratsional'nykh pu-tey ego promyshlennoy pererabotki*. Diss. kand. sel'skokhoz. nauk [Meat productivity, meat quality of different ecotypes, and development of rational ways of its industrial processing. Cand. agricultural sci. diss.]. Novosibirsk, 1987, 21 p.
13. Kosilov V.I., Irgashev T.A., and Shabunova B.K. The results of yak breeding in Tajikistan. *The Herald of Beef Cattle Breeding*, 2016, vol. 96, no. 4, pp. 109–117. (In Russ.).
14. Koshoeva T.R. *Razrabotka tekhnologii produktov iz myasa yaka*. Diss. kand.tekhn. nauk [Development of technology products from yak meat. Cand. eng. sci. diss.]. Bishkek, 2008, 23 p.
15. Kudryashov L.S., Tamabaeva B.S., and Koshoeva T.R. Proizvodstvo delikatesnykh produktov iz myasa yakov [Production of delicacies from yak meat]. *Meat Industry*, 2009, no. 5, pp. 57–59. (In Russ.).
16. Ludu B.M. and Kan-Ool B.K. Meat production performance in young yaks. *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2016, vol. 249, no. 2, pp. 57–60. (In Russ.).
17. Mkrtchyan Sh.A., Umanskiy M.S., and Kmet' A.M. *Aminokislotnyy sostav myasa yakov raznykh ehkotipov* [Amino-acid composition of yak meat of various ecotypes]. Moscow: Russian agricultural Academy Publ., 1993, no. 4, pp. 57–62. (In Russ.).
18. Nasatuev B.D. *Yakovodstvo Buryatii i puti ego razvitiya* [Yak breeding in Buryatia and its development]. Ulan-Ude: Buryat State Academy of Agriculture Publ., 2008. 89 p. (In Russ.).
19. Norov A.N. Condition and development prospects yak breeding to Tajikistan. *News of the Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan. Department of Biological and Medical Sciences*, 2011, no. 2, pp. 67–71. (In Russ.).
20. Plotnikov D.A., Ryavkin O.V., and Sorokoletov O.N. Merchandising characteristics and organoleptic characteristics of meat quality Jacob (sarlykov) of Altay. *Pishcha. Ehkologiya. Kachestvo : Trudy XIII mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [In the collection: Food. Ecology. Quality Proceedings of the XIII International Scientific Practical Conference]. Krasnoyarsk, 2016, pp. 50–54. (In Russ.).
21. *Poitanovlenie Ppavitel'ctva Pecpubliki Buryatiya ot 28.02.2013 № 102 "Ob utvepzhenii Gocudapctvennoy ppogpammy "Pazvitie agpoppomyshlennogo komplekca i cel'kikh teppitopiy v Pecpublike Buryatiya"* [Decree of the Government of the Republic of Buryatia dated February 28, 2013, No. 102 "On the approval of the State programme "Development of the agroindustrial complex and the rural territories in the Republic of Buryatia"].
22. Satybaldieva A.M. Peculiar features of yak meat sensory indicators. *Vestnik Chelyabinskoy gosudarstvennoy agroinzhenernoy akademii* [Bulletin of the Chelyabinsk State Agroengineering Academy], 2014, vol. 68, pp. 124–127. (In Russ.).
23. *Sel'skoe khozyaystvo, okhota i lesnoe khozyaystvo: statisticheskiy sbornik* [Agriculture, hunting and forestry: statistical compilation]. Ulan-Ude, 2017. (In Russ.).
24. Tayshin V.A., Lkhasaranov B.B., Dzheymys R., et al. *Atlas nomadnykh zhitovnykh* [Atlas of nomad animals]. Novosibirsk: Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences Publ., 1999. 284 p. (In Russ.).
25. Tamabaeva B.S., Gerasimova L.K., Koshoeva T.R., and Bardakov J.M. K voprosu perspektivnosti ispol'zovaniya myasa yakov [The prospects of yak meat]. *Pishchevaya tekhnologiya i servis* [Food technology and service], 2003, no. 2, pp. 20–25. (In Russ.).
26. Temmoev M.I. *Ehkologicheskie predposylki i posledstviya akklimatizatsii yakov (Bos grunniens Lin.) v Kabardino-Balkarii*. Diss. kand. biolog. nauk [Environmental background and consequences of the acclimatization of yaks (*Bos grunniens Lin.*) in Kabardino-Balkaria. Cand. sci. biol. diss.]. Makhachkala, 2004. 145 p.
27. Ulimbasheva R.A., Ulimbashev M.B., and Dubrovin A.I. Seasonal variability of behavioral responses of yaks in high-mountain areas of the north Caucasian region. *Bulletin of Altai State Agricultural University*, 2016., vol. 140, no. 6, pp. 104–107. (In Russ.).
28. Chertkiev Sh.H. Obrazovanie aminokislotnogo sostava myasa yakov s vozrastom, v zavisimosti ot usloviy vyrashchivaniya, pola i srokov vysokogornogo nagula [Formation of the amino-acid composition of yak meat: age, growing conditions, sex, and timing of high-altitude feeding]. *Internauka* [Internauka], 2017, vol. 19, no. 15, pp. 19–28. (In Russ.).

29. Chilaev S.Sh. *Myasnaya produktivnost' i tovarno-tekhnologicheskoe kachestvo produktov uboia yakov*. Diss. kand. sel'skokhoz. nauk [Meat productivity and commodity and technological qualities of yak meat. Cand. agricultural sci. diss.]. Nalchik, 2005. 136 p.
30. Chysyma R.B. *Khozyaystvenno-biologicheskie osobennosti yakov v razlichnykh ehkologicheskikh usloviyakh Respubliki Tyva*. Diss. dokt. biolog. nauk [Economic and biological features of yaks in various ecological conditions of the Republic of Tyva. Dr. sci. biol. diss.]. Novosibirsk, 2006. 44 p.
31. Epstein H.Y. Jak and chauri. *World Animal Review*, 1994, vol. 9, pp. 8–19.
32. Krzywicki K. Assessment of relative content of myoglobin, oxymyoglobin and metmyoglobin at surface of beef. *Meat Science*, 1979, no. 3, p. 1–10.
33. Phillips R.W., Tolstoy J.A., and Jonson R.G. Jaks and yak-cattle hybrids in Asia. *Journal of Heredity*, 1946, vol. 37, no. 6, pp. 146–170.
34. Singh U.B. Jak – an important animal of Asian mountains. *Indian Veterinary Medical Journal*, 1987, vol. 2, pp. 125–127.

**Баженова Баяна Анатольевна**

д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры технологии мясных и консервированных продуктов, ФГБОУ ВО «Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления», 670013, Россия, г. Улан-Удэ, ул. Ключевская, 40В, тел.: + 7 (983)435-99-86, e-mail: bayanab@mail.ru  
 <https://orcid.org/0000-0001-7380-5959>

**Забалуева Юлия Юрьевна**

канд. техн. наук, доцент, старший научный сотрудник кафедры технологии мясных и консервированных продуктов, ФГБОУ ВО «Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления», 670013, Россия, г. Улан-Удэ, ул. Ключевская, 40В, тел.: + 7 (902)564-84-34, e-mail: aprilpolina@mail.ru  
 <https://orcid.org/0000-0001-5366-8811>

**Данилов Михаил Борисович**

д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой технологии мясных и консервированных продуктов, ФГБОУ ВО «Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления», 670013, Россия, г. Улан-Удэ, ул. Ключевская, 40В, тел.: +7 (924)396-71-43, e-mail: tmkp@mail.ru  
 <https://orcid.org/0000-0002-6698-0481>

**Вторушина Ирина Анатольевна**

канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры технологии мясных и консервированных продуктов, ФГБОУ ВО «Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления», 670013, Россия, г. Улан-Удэ, ул. Ключевская, 40В, тел.: +7 (914)632-07-54, e-mail: filippvt@mail.ru  
 <https://orcid.org/0000-0001-6963-7729>

**Бадмаева Татьяна Михайловна**

канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры технологии мясных и консервированных продуктов, ФГБОУ ВО «Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления», 670013, Россия, г. Улан-Удэ, ул. Ключевская, 40В, тел.: +7 (950)396-25-71, e-mail: badmaeva\_tm\_64@mail.ru  
 <https://orcid.org/0000-0003-2329-6062>

**Bayana A. Bazhenova**

Dr.Sci.(Eng.), Professor, Professor of the Department Technology of meat and canned products, East Siberia State University of Technology and Management, 40V, Klyuchevskaya Str., Ulan-Ude, 670013, Russia, phone: + 7 (983)435-99-86, e-mail: bayanab@mail.ru  
 <https://orcid.org/0000-0001-7380-5959>

**Yuliya Yu. Zabalueva**

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor, Senior Researcher of the Department Technology of meat and canned products, East Siberia State University of Technology and Management, 40V, Klyuchevskaya Str., Ulan-Ude, 670013, Russia, phone: + 7 (902)564-84-34, e-mail: aprilpolina@mail.ru  
 <https://orcid.org/0000-0001-5366-8811>

**Michail B. Danilov**

Dr.Sci.(Eng.), Professor, Head of the Department Technology of meat and canned products, East Siberia State University of Technology and Management, 40V, Klyuchevskaya Str., Ulan-Ude, 670013, Russia, phone: +7 (924)396-71-43, e-mail: tmkp@mail.ru  
 <https://orcid.org/0000-0002-6698-0481>

**Irina A. Vtorushina**

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Department Technology of meat and canned products, East Siberia State University of Technology and Management, 40V, Klyuchevskaya Str., Ulan-Ude, 670013, Russia, phone: +7 (914)632-07-54, e-mail: filippvt@mail.ru  
 <https://orcid.org/0000-0001-6963-7729>

**Tatyana M. Badmaeva**

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Department Technology of meat and canned products, East Siberia State University of Technology and Management, 40V, Klyuchevskaya Str., Ulan-Ude, 670013, Russia, phone: +7 (950)396-25-71, e-mail: badmaeva\_tm\_64@mail.ru  
 <https://orcid.org/0000-0003-2329-6062>

## Исследование влияния низких температур на сохранение жизнеспособности штаммов *Streptomyces* в процессе хранения

Т. В. Выборнова<sup>1,\*</sup>, Н. Ю. Шарова<sup>1,2</sup>, А. А. Принцева<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Всероссийский научно-исследовательский институт пищевых добавок, 191014, Россия, г. Санкт-Петербург, Литейный проспект, 55

<sup>2</sup> Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, 197101, Россия, г. Санкт-Петербург, Кронверкский проспект, 49

Дата поступления в редакцию: 06.06.2018  
Дата принятия в печать: 20.09.2018

\*e-mail: [vnipakk55@mail.ru](mailto:vnipakk55@mail.ru)



© Т. В. Выборнова, Н. Ю. Шарова, А. А. Принцева, 2018

**Аннотация.** Наиболее эффективно хранение микроорганизмов различных таксономических групп при низких температурах от  $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $-150\text{ }^{\circ}\text{C}$ . В статье исследовано влияние низких температур ( $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$  и  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) на жизнеспособность коллекционных штаммов актиномицетов *Streptomyces lucensis* ВКПМ Ас-1743 и *Streptomyces violaceus* ВКПМ Ас-1734 – продуцентов ингибиторов гликозидаз в процессе хранения без криопротектора в 15 % растворе глицерина и в 0,9 % растворе натрия хлорида и биосинтетическую способность в процессе ферментации гидролизатов крахмала. Определен титр (КОЕ в 1 см<sup>3</sup> исходного инокулята) и ингибиторная активность по отношению к панкреатической  $\alpha$ -амилазе. Выявлено, что штаммы *Streptomyces lucensis* и *Streptomyces violaceus* в исходных концентрациях клеток  $10^7$  и  $10^8$  КОЕ/см<sup>3</sup> сохранили высокий уровень жизнеспособности в течение четырех месяцев хранения в 15 % растворе глицерина и в 0,9 % растворе натрия хлорида при температурах  $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$  и  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Наибольшее количество выживших клеток получено при хранении в 15 % растворе глицерина при температуре  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Установлено, что штаммы *Streptomyces lucensis* и *Streptomyces violaceus*, хранившиеся в 15 % растворе глицерина при низких температурах, имеют более высокий уровень ингибиторной активности в культуральной жидкости, чем при хранении в 0,9 % растворе натрия хлорида. Показатель ингибиторной активности был выше у культур, хранившихся в 15 % растворе глицерина при температуре  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ , и находился на уровне  $2600 \pm 200$  ИЕ/см<sup>3</sup>. Показано, что низкотемпературное хранение *Streptomyces* не оказывает отрицательного воздействия на жизнеспособность и биосинтетическую активность культур.

**Ключевые слова.** Штаммы *Streptomyces lucensis* ВКПМ Ас-1743 и *Streptomyces violaceus* ВКПМ Ас-1734, низкотемпературное хранение, жизнеспособность, ингибиторная активность, титр

**Для цитирования:** Выборнова, Т. В. Исследование влияния низких температур на сохранение жизнеспособности штаммов *Streptomyces* в процессе хранения / Т. В. Выборнова, Н. Ю. Шарова, А. А. Принцева // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 3. С. 34–40. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-3-34-40>.

Original article

Available online at <http://fptt.ru/>

## Low-Temperature Storage and the Viability Preservation of *Streptomyces*

T.V. Vybornova<sup>1,\*</sup>, N.Yu. Sharova<sup>1,2</sup>, A.A. Printseva<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>All-Russian Research Institute for Food Additives, 55, Liteiny Ave., St. Petersburg, 191014, Russia

<sup>2</sup>Saint Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics, 49, Kronverksky Ave., St. Petersburg, 197101, Russia

Received: June 06, 2018  
Accepted: September 20, 2018

\*e-mail: [vnipakk55@mail.ru](mailto:vnipakk55@mail.ru)



© T.V. Vybornova, N.Yu. Sharova, A.A. Printseva, 2018

**Abstract.** The most effective way to store microorganisms of different taxonomic groups is at low temperatures from minus  $12\text{ }^{\circ}\text{C}$  to minus  $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ . The present research features the influence of low temperature (minus  $12\text{ }^{\circ}\text{C}$  and  $18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) on the viability of collection strains of actinomycetes *Streptomyces lucensis* VKPM Ac-1743 and *Streptomyces violaceus* VKPM Ac-1734, producers of glycosidase inhibitors. The strains were stored without a cryoprotector in a 15% glycerol solution and 0.9% sodium chloride aqueous liquid. The research objective was to check their ability to keep their inhibitor activity against pancreatic amylase during corn starch hydrolysate fermentation. The experiment made it possible to determine the titer (CFU in 1 cm<sup>3</sup> of the initial inoculum) and inhibitory activity

against pancreatic  $\alpha$ -amylase. It was revealed that *Streptomyces lucensis* and *Streptomyces violaceus* strains in cell initial concentrations of 107 and 108 CFU/cm<sup>3</sup> maintained high viability level during four months conservation in 15% glycerol solution and 0.9% sodium chloride aqueous solution at the temperatures of minus 12 °C and minus 18 °C. Most cells survived at the conservation in a 15% glycerol solution at minus 18 °C. The inhibitor activity level in cultural liquid was higher in *Streptomyces lucensis* and *Streptomyces violaceus* strains kept in 15% glycerol solution at low the temperatures than in those kept in a 0.9% sodium chloride solution. The cultures kept in a 15% glycerol solution at minus 18 °C had higher inhibitor activity indicators 2600 ± 200 IU/cm<sup>3</sup>. The research proved that low-temperature storage of *Streptomyces* produces no negative effect on the viability and biosynthetic activity of the cultures.

**Keywords.** Strains of *Streptomyces lucensis* VKPM Ac-1743 and *Streptomyces violaceus* VKPM Ac-1734, low-temperature storage, viability, inhibitory activity, titer

**For citation:** Vybornova T.V., Sharova N.Yu., and Printseva A.A. Low-Temperature Storage and the Viability Preservation of *Streptomyces*. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2018, vol. 48, no. 3, pp. 34–40. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-3-34-40>.

## Введение

Для науки и практики большой интерес представляет поддержание жизнеспособности культур, сохранение стабильности их таксономически важных признаков, а также любых других определенных свойств.

В настоящее время разработаны достаточно эффективные методы долгосрочного хранения большого количества микроорганизмов, обеспечивающие у них сохранение жизнеспособности, генетическую и фенотипическую стабильность. Во всех случаях выбор способа консервирования конкретного объекта основывается на сохранении культурой жизнеспособности, морфологических признаков, физиологических характеристик, биохимической активности и генетической стабильности с учетом максимально возможного времени хранения культуры, а также надежности реализации данного метода консервации и требований по обслуживанию в течение длительного времени.

В большинстве коллекций микроорганизмов используют методы лиофилизации, низкотемпературного замораживания и криоконсервации [1]. Высокий эффект консервации этими методами достигается тем, что клетки, лишаясь свободной воды в условиях субнулевых и/или криогенных температур, переходят в состояние анабиоза [2].

В последние годы для хранения микроорганизмов во все возрастающих масштабах используется низкотемпературная консервация, обеспечивающая сохранение высокого титра клеток, в связи с наличием и доступностью низкотемпературных холодильных установок, способных надежно поддерживать низкие температуры в течение длительного времени.

Для защиты клеток от повреждения при замораживании бактерии суспензируют в специальных веществах – криопротекторах, чаще всего в глицерине и диметилсульфоксиде. Также могут быть использованы сахароза, лактоза, глюкоза, маннит, сорбит, поливинилпирролидон, полигликоль и т. д., которые обеспечивают защитное действие на наружной поверхности клеточной мембраны [3, 4, 5].

В литературе есть данные, что жизнеспособность микроорганизмов значительно повышается, если исходная концентрация клеток в суспензии была высокой (10<sup>9</sup>–10<sup>11</sup> КОЕ/см<sup>3</sup>). Уплотненные суспензии клеток имеют более высокий титр выживания,

чем разбавленные, так как лизированные клетки и клеточные вещества могут выполнять криозащитную роль [6].

Известно, что актиномицеты – продуценты антибиотиков часто сохраняют исходный уровень антибиотической активности при консервации спор на высушенных питательных средах или в почве, а также в лиофилизованном состоянии [7]. Известен способ хранения *Streptomyces hygroscopicus* RIA 1433, *Nonomuraea* Sp. – продуцентов антибиотиков при температуре –70 °C [8].

Коллекционные культуры *Streptomyces lucensis* ВКПМ Ac-1743 и *Streptomyces violaceus* ВКПМ Ac-1734 Всероссийского научно-исследовательского института пищевых добавок являются продуцентами ингибиторов гликозидаз – биологически активных веществ и потенциальных пищевых микроингредиентов [9].

Целью работы является исследование влияния низких температур (–12 °C и –18 °C) на выживаемость культур *Streptomyces lucensis* ВКПМ Ac-1743 и *Streptomyces violaceus* и сохранение ими ингибиторной активности в процессе хранения.

## Объекты и методы исследования

Объектом исследования являлись два штамма актиномицетов *Streptomyces lucensis* и *Streptomyces violaceus*, селекционированных во ВНИИПД и депонированных во Всероссийской Коллекции Промышленных микроорганизмов под коллекционными номерами ВКПМ Ac-1743 и ВКПМ Ac-1734 [10,11].

Штаммы актиномицетов *Streptomyces* хранились при температурах –12 °C и –18 °C. Закладку на хранение проводили методом смыва со скошенной агаровой крахмалсодержащей среды Чапека. Использовали споровые суспензии с исходными концентрациями 10<sup>7</sup>–10<sup>8</sup> КОЕ/см<sup>3</sup>.

В качестве защитного вещества при хранении при низких температурах использовали 15 % раствор глицерина и 0,9 % раствор хлорида натрия (физраствор). Культуры *Streptomyces lucensis* и *Streptomyces violaceus* хранили при низких температурах в течение четырех месяцев. В заложенных на хранение культурах определяли титр (КОЕ в 1см<sup>3</sup> исходного инокулята) [12].

Процесс восстановления замороженных клеток осуществляли путём быстрого оттаивания при

температуре +37 °С в течение 3 минут и слабым встряхивании. Число жизнеспособных клеток определяли методом посева размороженных культур на чашки Петри с агаровой крахмалосодержащей средой Чапека [12].

Глубинное культивирование *Streptomyces lucensis* и *Streptomyces violaceus* проводили на гидролизате кукурузного крахмала периодическим способом в условиях шейкера-инкубатора Multitron (INFORS, Швейцария) в колбах вместимостью 750 см<sup>3</sup> со скоростью перемешивания 160 ± 20 оборотов в минуту при температуре +29 ± 1 °С в течение пяти суток [10, 11].

Состав среды для ферментации (г/дм<sup>3</sup>): гидролизат крахмала с декстрозным эквивалентом ДЕ = 25 ± 5 % – 20; соевая мука – 5,0; натрий хлористый – 3,0; калий фосфорнокислый двузамещенный – 1,0; магний сернокислый семиводный – 0,5; рН 7,0 [13]. Для гидролиза кукурузного крахмала использовали ферментный препарат Амилоsubтиллин Г3х с амилолитической активностью 850 ед/г (ГОСТ 23635-90).

Ингибиторную активность выросших после хранения КОЕ определяли в инактивированных нативных растворах колориметрическим методом по отношению к панкреатической α-амилазе (тест-фермент) [14]. Инактивацию собственной амилазы проводили нагреванием растворов до +98 ± 1 °С. Ингибиторное действие изучали по отношению к панкреатической амилазе («Sigma», США).

Обработку экспериментальных данных проводили с привлечением методов математической статистики и программ Excel XP.

**Результаты и их обсуждение**

Результаты проведенных исследований показали, что при замораживании споровых суспензий штаммов *Streptomyces lucensis* ВКПМ Ас-1743 и *Streptomyces violaceus* ВКПМ Ас-1734 в концентрациях 10<sup>7</sup>–10<sup>8</sup> КОЕ/см<sup>3</sup> клетки исследуемых культур сохранили высокую жизнеспособность после 4 месяцев хранения при температурах –12 °С и –18 °С.

При хранении при температуре –18 °С в 15 % растворе глицерина у обоих штаммов титр клеток сохранился практически на исходном уровне. При

хранении культур при этой же температуре в 0,9 % растворе натрия хлорида число жизнеспособных клеток снижается на 7–10 %. Для *Streptomyces lucensis* ВКПМ Ас-1743 титр находился в пределах от 1,48 × 10<sup>8</sup> до 1,66 × 10<sup>8</sup> КОЕ/см<sup>3</sup>, для *Streptomyces violaceus* ВКПМ Ас-1734 – от 8,49 × 10<sup>7</sup> до 8,61 × 10<sup>7</sup> КОЕ/см<sup>3</sup> (табл. 1). Полученные показатели находятся на уровне требований по низкотемпературному хранению бактериальных культур.

Без применения криопротектора штаммы сохраняют свою жизнеспособность в течение 4 месяцев хранения с численностью КОЕ 9,81 × 10<sup>7</sup> КОЕ/см<sup>3</sup> для *Streptomyces lucensis* и 6,35 × 10<sup>7</sup> КОЕ/см<sup>3</sup> для *Streptomyces violaceus*, что составляет 66,3 % и 76,3 % от исходного значения. Количество КОЕ после четырех месяцев хранения также удовлетворяет требованиям для биологических препаратов, содержащих бактерии [5].

Полученные данные свидетельствуют о высокой адаптационной способности сохранению штаммов к понижению температуры и жизнеспособности в стрессовых условиях.

Исследуемые штаммы *Streptomyces* обладают способностью синтезировать ингибиторы свиной панкреатической α-амилазы. Поэтому, помимо исследований по влиянию низких температур на жизнеспособность культур, оценивали их биосинтетическую способность в процессе хранения по показателю «ингибиторная активность».

На протяжении всего периода хранения проводился контроль ингибиторной активности по отношению к панкреатической α-амилазе (тест-фермент).

Результаты настоящего исследования показали, что степень ингибирования панкреатической α-амилазы для исследуемых штаммов независимо от условий хранения (в присутствии криопротектора или в 0,9 % растворе натрия хлорида) находилась в пределах от 10 % до 55 %, что соответствует значению показателя до закладки на хранение.

Ингибиторная активность исследуемых штаммов стрептомицетов, хранившихся в 0,9 % растворе натрия хлорида, была ниже в 1,1–1,2 раза, чем при хранении в 15 % растворе глицерина. Данная

Таблица 1 – Жизнеспособность исследуемых культур *Streptomyces* при хранении при –12 °С и –18 °С

Table 1 – The viability of the cultures of *Streptomyces* during storage at minus 12 °С and minus 18 °С

Название штамма	Наличие криопротектора	Число жизнеспособных клеток, КОЕ/см <sup>3</sup>				
		До закладки на хранение	–12 °С		–18 °С	
			через 1 месяц	через 4 месяца	через 1 месяц	через 4 месяца
<i>Streptomyces lucensis</i>	нет	1,48 ± 0,25 × 10 <sup>8</sup>	9,60 ± 0,87 × 10 <sup>7</sup>	8,48 ± 0,54 × 10 <sup>7</sup>	9,81 ± 0,82 × 10 <sup>7</sup>	8,76 ± 0,33 × 10 <sup>7</sup>
	15 % р-р глицерина	1,64 ± 0,15 × 10 <sup>8</sup>	1,48 ± 0,17 × 10 <sup>8</sup>	1,60 ± 0,22 × 10 <sup>8</sup>	1,60 ± 0,12 × 10 <sup>8</sup>	1,66 ± 0,14 × 10 <sup>8</sup>
			0,9 % раствор натрия хлорида			
		1,62 ± 0,18 × 10 <sup>8</sup>	1,34 ± 0,12 × 10 <sup>8</sup>	1,38 ± 0,11 × 10 <sup>8</sup>	1,46 ± 0,16 × 10 <sup>8</sup>	1,54 ± 0,13 × 10 <sup>8</sup>
<i>Streptomyces violaceus</i>	нет	8,32 ± 0,72 × 10 <sup>7</sup>	5,64 ± 0,60 × 10 <sup>7</sup>	5,12 ± 0,44 × 10 <sup>7</sup>	6,00 ± 0,55 × 10 <sup>7</sup>	6,35 ± 0,24 × 10 <sup>7</sup>
	15 % р-р глицерина	8,60 ± 0,56 × 10 <sup>7</sup>	8,51 ± 0,81 × 10 <sup>7</sup>	8,49 ± 0,35 × 10 <sup>7</sup>	8,57 ± 0,74 × 10 <sup>7</sup>	8,61 ± 0,38 × 10 <sup>7</sup>
			0,9 % раствор натрия хлорида			
		8,55 ± 0,77 × 10 <sup>7</sup>	8,20 ± 0,53 × 10 <sup>7</sup>	8,16 ± 0,36 × 10 <sup>7</sup>	8,24 ± 0,65 × 10 <sup>7</sup>	8,40 ± 0,52 × 10 <sup>7</sup>

Таблица 2 – Ингибиторная активность в нативных растворах при низкотемпературном хранении (в конце процесса ферментации)

Table 2 – The inhibitory activity in native solutions during the low-temperature storage (at the end of the fermentation process)

Наименование штамма	до закладки на хранение	Ингибиторная активность, ИЕ/см <sup>3</sup>			
		–12 °С		–18 °С	
		1 месяц	4 месяца	1 месяц	4 месяца
<i>Streptomyces lucensis</i>	1640 ± 100	Хранение в 15 % растворе глицерина			
		1600 ± 100	1635 ± 100	1700 ± 100	1780 ± 100
		Хранение в 0,9 % растворе натрия хлорида			
<i>Streptomyces violaceus</i>	2465 ± 100	Хранение в 15 % растворе глицерина			
		2400 ± 100	2390 ± 100	2650 ± 200	2600 ± 200
		Хранение в 0,9 % растворе натрия хлорида			
		2120 ± 100	1975 ± 100	2330 ± 200	2360 ± 100

закономерность наблюдалась в ранее проведенных нами исследованиях по изучению свойств *Streptomyces* в процессе хранения [2]. Глицерин уменьшает концентрацию электролитов, изменяет структуру воды вне клеток, действует на поверхность и проницаемость мембран, тем самым предотвращая нарушение биохимических процессов в клетках микроорганизмов во время замораживания [5].

При температуре хранения –18 °С в 15 % растворе глицерина ингибиторная активность штаммов *Streptomyces* сохранялась на более высоком уровне, чем при –12 °С и составляла для штамма *Streptomyces lucensis* 1780 ± 100 ИЕ/см<sup>3</sup>, для штамма *Streptomyces violaceus* 2600 ± 100 ИЕ/см<sup>3</sup> (табл. 2).

При более резком перепаде температур (с –18 °С на +37 °С) интенсифицируется восстановление биохимических реакций в ответ на стрессовое воздействие. Так, *Streptomyces* 4Alga, выделенный из растительности, произрастающей в Антарктиде, обладает высокой стрессоустойчивостью к пониженным температурам [17]. Культура не только сохраняет жизнеспособность, но и синтезирует амилолитические ферменты с повышенной активностью при температуре культивирования от +5 °С до +20 °С. При температурах +28 °С и +37 °С, близких к оптимуму культивирования стрептомицетов на крахмалсодержащих средах (29 °С), амилолитическая активность была в 1,2–1,5 раза ниже.

После первого пассажа максимальной ингибиторной способностью обладал штамм *Streptomyces violaceus* ВКПМ Ас-1734.

На рисунке 1 представлены значения ингибиторной активности штамма *Streptomyces violaceus*, хранившегося при температурах –12 °С и –18 °С и имеющего наиболее высокий уровень активности ингибитора панкреатической α-амилазы в культуральной жидкости.

Синтез ингибитора начинается на 2 сутки культивирования, достигает максимума на 3–4 сутки, а на 5 сутки происходит значительное уменьшение уровня активности ингибитора. На 1 сутки культивирования активизируется собственная ферментная система актиномицета, происходит

накопление биомассы, сопровождаемое интенсивным потреблением компонентов питательной среды (источников углерода, азота, солей) [13].

Значительное снижение ингибиторной активности на 120 ч культивирования штаммов стрептомицетов обусловлено завершением продуктивного синтеза ингибитора и «старением» культуры. Другим возможным объяснением может быть образование менее активных форм ингибитора. Как было показано в ранее проведенных исследованиях, синтезируемые ингибиторы панкреатической α-амилазы имеют углеводную природу [13]. Поэтому возможен гидролиз углеводных цепей ингибиторов под действием собственных амилаз продуцентов. Подтверждением вышесказанному является подверженность ингибиторов, синтезируемых культурами *Streptomyces lucensis* и *Streptomyces violaceus*, действию глюкоамилазы *Aspergillus niger*. Значения константы Михаэлиса, показывающая сродство в данном случае фермента к синтезируемому ингибитору, как к субстрату, составили соответственно  $1,2 \pm 0,1 \times 10^{-2}$  М и  $1,8 \pm 0,1 \times 10^{-2}$  М [15].

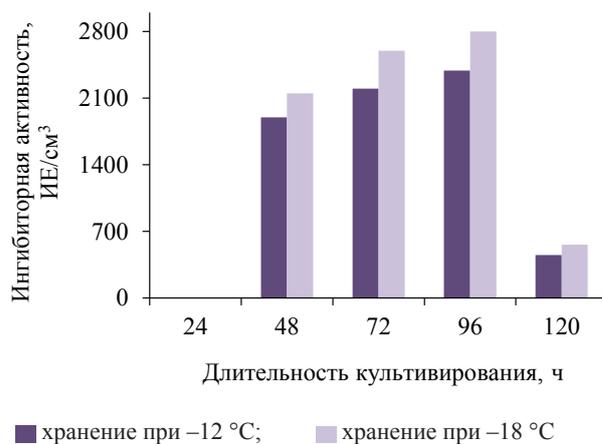


Рисунок 1 – Значения ингибиторной активности *Streptomyces violaceus* ВКПМ Ас-1734, хранившегося при температурах –12 °С и –18 °С в 15 % растворе глицерина, в процессе культивирования

Figure 1 – The values of inhibitory activity of *Streptomyces violaceus* VKPM Ac-1734 stored at temperatures of minus 12°C and minus 18°C in a 15% glycerol solution, during cultivation

Как известно, спороформирующие культуры сохраняют высокую жизнеспособность почти при всех методах консервации [16]. Это обусловлено минимальным содержанием в спорах воды. Исследуемые штаммы стрептомицетов являются спорообразующими, что позволяет изначально рассматривать их состояние как естественную форму консервации. Методы непродолжительного хранения культур *Streptomyces lucensis* и *Streptomyces violaceus*, к которым относится хранение клеток в водно-солевом растворе (0,9 % раствор натрия хлорида) при температуре от  $-10$  до  $-20$  °С, позволяют заметно продлить жизнеспособность штаммов и сохранить их биосинтетическую активность. Необходимо определить эти показатели после более длительного периода хранения, так как возможны повреждения клеток в растворах электролитов и генетический обмен между ними, следствием которого является неконтролируемая селекция культуры.

Полученные данные свидетельствуют о том, что низкотемпературное хранение *Streptomyces* не оказывает отрицательного воздействия на жизнеспособность культур и биосинтетическую способность, и позволяют сделать предположение о целесообразности проведения исследований по влиянию более низких температур ( $-80$  °С и  $-150$  °С) на штаммы актиномицетов *Streptomyces lucensis* и *Streptomyces violaceus* в процессе хранения.

## Выводы

Проведенные исследования показали, что исследуемые штаммы актиномицетов *Streptomyces lucensis* и *Streptomyces violaceus* в концентрациях  $10^7$ – $10^8$  КОЕ/см<sup>3</sup> сохраняют высокую жизнеспособность и ингибиторную активность при хранении при температурах  $-12$  °С и  $-18$  °С. В качестве защитной среды от повреждения клеток при замораживании для длительного хранения (без пересевов) предпочтительно использование 15 % раствора глицерина. Хранение актиномицетов при температуре  $-18$ °С обеспечивает сохранение ингибиторной активности на более высоком уровне, чем при  $-12$  °С. Данные исследования позволяют разработать условия низкотемпературного хранения культур *Streptomyces* для сохранения коллекционного генофонда микроорганизмов.

## Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

## Финансирование

Работа выполнена в рамках Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2018 г. по проекту 163.4.1.

## Список литературы

1. Сидякина, Т. М. Консервация микроорганизмов в коллекциях культур / Т. М. Сидякина // Сборник научных трудов «Консервация генетических ресурсов. Методы. Проблемы. Перспективы» / Пушинский научный центр. – Пушкино, 1991. – С. 81–159.
2. Свойства конидий штаммов актиномицетов *Streptomyces lucensis* и *Streptomyces violaceus* в процессе хранения при низких температурах / Н. Ю. Шарова, Т. В. Выборнова, А. А. Принцева [и др.] // Пищевые системы. – 2018. – Т. 1, № 3. – С. 27–32. DOI: <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2018-1-3-27-32>.
3. Филиппова, С. Н. Многолетнее хранение коллекционных культур актинобактерий / С. Н. Филиппова, Н. А. Сургучева, В. Ф. Гальченко // Микробиология. – 2012. – Т. 81, № 5. – С. 682–690.
4. Опыт долгосрочного хранения промышленных штаммов микроорганизмов / А. А. Цуцаева, А. Е. Ананьина, Л. М. Балыбердина [и др.] // Микробиология. – 2008. – Т. 77, № 5. – С. 696–700.
5. Чукпарова, А. У. Оценка сохранения жизнеспособности штаммов микроорганизмов при низкотемпературной консервации / А. У. Чукпарова // Материалы Всероссийского симпозиума с международным участием «Биологически активные вещества микроорганизмов — прошлое, настоящее, будущее» / Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова. – М., 2011. – 131 с.
6. Пат. № 2123044 Российская Федерация, МПК C12N1/04, C12N1/00. Способ длительного хранения естественных симбиотических ассоциаций микроорганизмов человека и животных / Шендеров Б. А., Гахова Э. Н., Манвелова М. А. [и др.]; заявитель и патентообладатель ОАО «Русский йогурт». – № 98103006/13; заявл. 1998-0302; опуб. 10.12.1998.
7. Промышленная микробиология / З. А. Аркадьева, А. М. Безбородов, И. Н. Блохина [и др.]. – М.: Высшая школа, 1989. – 688 с.
8. Хранение культур актинобактерий – представителей родов *Streptomyces* и *Nonomuraea* методом низкотемпературной консервации / О. Н. Синева, Н. Г. Куликова, С. Н. Филиппова [и др.] // Антибиотики и химиотерапия. – 2014. – Т. 59, № 11–12. – С. 11–15.
9. Sharova, N. Yu. Amylase inhibitors from *Streptomyces lucensis* VKPM Ac-1743 and *Streptomyces violaceus* VKPM Ac-1734 / N. Yu. Sharova // Applied Biochemistry and Microbiology. – 2015. – Vol. 51, № 1. – P. 58–63. DOI: <https://doi.org/10.1134/S0003683815010159>
10. Патент № 2346042 Российская Федерация, МПК C12N 1/2.0. Штамм актиномицета *Streptomyces violaceus* – продуцент ингибитора гликозидаз / Шарова Н. Ю., Никифорова Т. А., Позднякова Т. А.; заявитель и патентообладатель ГУ ВНИИПАКК. – № 2006138251/13; заявл. 30.10.2006; опубл. 10.02.2009; Бюл. № 4.
11. Патент № 2355755 Российская Федерация, МПК C 12N 9/24. Штамм актиномицета *Streptomyces lucensis* – продуцент ингибитора гликозидаз / Шарова Н. Ю., Позднякова Т. А., Ходкевич О. А.; заявитель и патентообладатель ГУ ВНИИПАКК. – № 2008101164/13; заявл. 09.01.2008; опубл. 20.05.2009; Бюл. № 14.

12. ГОСТ 10444.15-94. Продукты пищевые. Методы определения количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов. М. : Стандартинформ, 2010.
13. Ходкевич, О. А. Разработка технологии биосинтеза ингибитора  $\alpha$ -гликозидаз актиномицетами рода *Streptomyces* и применение комплексной добавки на его основе в хлебопечении: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.07 / Ходкевич Ольга Анатольевна. – СПб, 2009. – 135 с.
14. Акулова, Н. Ю. Ингибиторы  $\alpha$ -гликозидаз из *Streptomyces*. Выделение и свойства: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.04 / Акулова Наталья Юрьевна. – СПб, 1993. – 22 с.
15. Шарова, Н. Ю. Разработка научных основ новых технологий пищевых добавок и ингредиентов с использованием крахмалсодержащего сырья: автореф. дис. ... докт. биол. наук: 05.18.07 / Шарова Наталья Юрьевна. – СПб, 2013. – 32 с.
16. Похиленко, В. Д. Методы длительного хранения коллекционных культур микроорганизмов и тенденции развития / В. Д. Похиленко, А. М. Баранов, К. В. Детушев // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки. – 2009. – Т. 12, № 4. – С. 99–121.
17. Screening of polar streptomycetes able to produce cold-active hydrolytic enzymes using common and chromogenic substrates / M. Cotarlet, G. Bahrim, T. Negoita [et al.] // Romanian Biotechnological Letters. – 2008. – Vol. 13, № 5. – P. 69–80.

## References

1. Sidiyakina T.M. Konservatsiya mikroorganizmov v kollektsiyakh kul'tur [Preservation of microorganisms in the collections of cultures]. *Sbornik nauchnykh trudov "Konservatsiya geneticheskikh resursov. Metody. Problemy. Perspektivy"* [Collection of scientific Proceedings "Conservation of genetic resources. Methods. Problems. Prospects"]. Pushchino, 1991, pp. 81–159. (In Russ.).
2. Sharova N.Yu., Vybornova T.V., Printseva A.A., and Manzhieva B.S. The properties of the conidia of strains of the actinomycete *Streptomyces lucensis* and *Streptomyces violaceus* during storage at low temperatures. *Food systems*, 2018, vol. 1, no. 3, pp. 27–32. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2018-1-3-27-32>.
3. Filippova S.N., Surgucheva N.A., and Gal'chenko V.F. Long-term storage of collection cultures of actinobacteria. *Microbiology*, 2012, vol. 81, no. 5, pp. 682–690. (In Russ.).
4. Tsutsaeva A.A., Anan'ina A.E., Balyberdina L.M., Stepanyuk L.V., and Pavlenko N.V. Long-term storage of industrial microbial strains. *Microbiology*, 2008, vol. 77, no. 5, pp. 696–700. (In Russ.).
5. Chukparova A.U. Otsenka sokhraneniya zhiznesposobnosti shtammov mikroorganizmov pri nizkotemperaturnoy konservatsii [Evaluation of the viability preservation of microorganism strains during low-temperature conservation]. *Materialy Vserossiyskogo simpoziuma s mezhdunarodnym uchastiem "Biologicheskii aktivnyye veshchestva mikroorganizmov – proshloe, nastoyashchee, budushchee"* [Materials of the All-Russian Symposium with international participation [Biologically active substances of microorganisms – past, present, future]]. Moscow, 2011, p. 131. (In Russ.).
6. Shenderov B.A., Gakhova Eh.N., Manvelova M.A., Piorunskij D.A., and Karnaukhov V.N. *Method of the prolonged storage of natural symbiotic of human and animal microorganism associations*. Patent RF, no. 2123044, 1998.
7. Arkad'eva Z.A., Bezborodov A.M., Blokhina I.N., et al. *Promyshlennaya mikrobiologiya* [Industrial Microbiology]. Moscow: Higher School Publ., 1989. 688 p. (In Russ.).
8. Sineva O.N., Kulikova N.G., Filippova S.N., and Terekhova L.P. Storage of Actinobacteria of the Genera *Streptomyces* and *Nonomuraea* by Low Temperature Preservation. *Antibiotics and Chemotherapy*, 2014, vol. 59, no. 11–12, pp. 11–15. (In Russ.).
9. Sharova N.Yu. Amylase inhibitors from *Streptomyces lucensis* VKPM Ac-1743 and *Streptomyces violaceus* VKPM Ac-1734. *Applied Biochemistry and Microbiology*, 2015, vol. 51, no. 1, pp. 58–63. DOI: <https://doi.org/10.1134/S0003683815010159>.
10. Sharova N.Yu., Nikiforova T.A., and Pozdnyakova T.A. *Shtamm aktinomitseta Streptomyces violaceus — produtsent ingibitora glikozidaz* [The strain of actinomycete of *Streptomyces violaceus*, an glycosidase inhibitor producer]. Patent RF, no. 2346042, 2009.
11. Sharova N.Yu., Pozdnjakova T.A., and Khodkevich O.A. *Actinomycete strain of Streptomyces lucensis – producer of glycosidase inhibitor*. Patent RF, no. 2355755, 2009.
12. *State Standart 10444.15-94. Food products. Methods for determination of quantity of mesophilic aerobes and facultative anaerobes*. Moscow: Standartinform Publ., 2010.
13. Khodkevich O.A. *Razrabotka tekhnologii biosinteza ingibitora  $\alpha$ -glikozidaz aktinomitsetami roda Streptomyces i primeneniye kompleksnoy dobavki na ego osnove v khlebopechenii. Diss. kand. tekhn. nauk* [Development of the biosynthesis technology of  $\alpha$ -glycosidase inhibitor by actinomycetes of the genus *Streptomyces* and the use of complex additives in bread making: Cand. Tech. Sci. Dis]. St.Petersburg, 2009. 135 p.
14. Akulova N.Yu. *Ingibitory  $\alpha$ -glyukozidaz iz Streptomyces. Vydeleniye i svoystva. Avtoref. dis. kand. biol. nauk* [Inhibitors of  $\alpha$ -glucosidase from *Streptomyces*. Allocation and properties: Cand. Biol. Sci. Diss]. St.Petersburg, 1993. 22 p.
15. Sharova N.Yu. *Razrabotka nauchnykh osnov novykh tekhnologiy pishchevykh dobavok i ingredientov s ispol'zovaniem krakhmalsoderzhashchego syr'ya. Avtoref. dis. dokt. biol. nauk* [Development of the scientific foundations for new technologies of food additives and ingredients with starch-containing raw materials: author. Doct. Biol. Sci. Diss]. St.Petersburg, 2013. 32 p.
16. Pokhilenko V.D., Baranov A.M., and Detushev K.V. *Metody dlitel'nogo khraneniya kollektсионnykh kul'tur mikroorganizmov i tendentsii razvitiya* [Methods of long-term storage of collection cultures of microorganisms and the development trends]. *University proceedings. Volga region. Medical sciences*, 2009, vol. 12, no. 4, pp. 99–12. (In Russ.).
17. Cotarlet M., Bahrim G., Negoita T., and Stougaard P. Screening of polar streptomycetes able to produce cold-active hydrolytic enzymes using common and chromogenic substrates. *Romanian Biotechnological Letters*, 2008, vol. 13, no. 5, pp. 69–80.

**Выборнова Татьяна Владимировна**

научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт пищевых добавок, 191014, Россия, г. Санкт-Петербург, Литейный проспект, 55, тел.: +7 (911) 221-57-15, e-mail: vniipakk@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-8862-2212>

**Шарова Наталья Юрьевна**

д-р техн. наук, профессор РАН, Всероссийский научно-исследовательский институт пищевых добавок, 191014, Россия, г. Санкт-Петербург, Литейный проспект, 55. Профессор факультета пищевых биотехнологий и инженерии, Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, 197101, Россия, г. Санкт-Петербург, Кронверкский проспект, 49, тел.: +7 (921) 340-73-12, e-mail: natalya\_sharoval@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-4208-9299>

**Принцева Анастасия Андреевна**

младший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт пищевых добавок, 191014, Россия, г. Санкт-Петербург, Литейный проспект, 55. Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, 197101, Россия, г. Санкт-Петербург, Кронверкский проспект, 49, тел.: +7 (962) 703-61-67, e-mail: djkr\_yfcnz@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-9455-8202>

**Tatyana V. Vybornova**

Research scientist of the All-Russian Research Institute for Food Additives, 55, Liteiny Ave., St. Petersburg, 191014, Russia, phone: +7 (911) 221-57-15, e-mail: vniipakk@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-8862-2212>

**Natalya Yu. Sharova**

Dr.Sci.(Eng.), Professor of the RAS, All-Russian Research Institute for Food Additives, 55, Liteiny Ave., St. Petersburg, 191014, Russia. Professor of the Faculty of Food Biotechnologies and Engineering, Saint Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics, 49, Kronverksky Ave., St. Petersburg, 197101, Russia, phone: +7 (921) 340-73-12, e-mail: natalya\_sharoval@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-4208-9299>

**Anastasia A. Printseva**

Junior research scientist of the All-Russian Research Institute for Food Additives, 55, Liteiny Ave., St. Petersburg, 191014. Saint Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics, 49, Kronverksky Ave., St. Petersburg, 197101, Russia, phone: +7 (962) 703-61-67, e-mail: djkr\_yfcnz@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-9455-8202>

## Исследование процессов окисления комбинированных мясных систем с мясом птицы и льняной мукой

Г. В. Гуринович\*<sup>ORCID</sup>, П. В. Санников<sup>ORCID</sup>, И. С. Патракова<sup>ORCID</sup>

Дата поступления в редакцию: 03.07.2018  
Дата принятия в печать: 20.09.2018

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»,  
650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6

\*e-mail: [ggv55@yandex.ru](mailto:ggv55@yandex.ru)



© Г. В. Гуринович, П. В. Санников, И. С. Патракова, 2018

**Аннотация.** Современным направлением в технологии мясных продуктов является использование в рецептурах различные виды растительного сырья. Это позволяет повысить технологические свойства мяса, а также стабилизировать сроки хранения готовых изделий. Одной из перспективных растительных культур, обладающих антиоксидантными свойствами, является льняная мука. Целью исследования является изучение влияния льняной муки на окислительные процессы комбинированного фарша на основе мяса птицы и выявление синергетического эффекта льняной муки с добавками антиокислительной направленности, включая аскорбиновую кислоту (0,05 %), цитрат натрия (0,03 %) и  $\alpha$ -токоферол (0,02 %). В работе приведены результаты экспериментальных исследований процессов окисления липидных и белковых фракций фарша полукопченых колбас в зависимости от уровня введения льняной муки отдельно или в комбинации с добавками антиокислительного действия. Установлено, что введение в мясной фарш гидратированной льняной муки в количестве 5–10 % приводит к ингибированию процесса окисления липидов. В комбинированных фаршах при температуре хранения от 0 °С до 4 °С содержание вторичных продуктов окисления остается в допустимых пределах, определенных нормами безопасности (2 мг МА/кг), вплоть до 4-х суток, в отличие от контрольного фарша, для которого этот уровень превышен после 3-х суток хранения. Установлены показатели, характеризующие развитие процессов окисления цветоформирующих белков фарша при добавлении льняной муки, включая количество общих пигментов, метпигментов, нитрозопигментов, гемового железа. По совокупности показателей доказано стабилизирующее влияние льняной муки на окраску комбинированных фаршевых систем. Максимальный синергетический эффект, с точки зрения ингибирования процессов окисления липидной и белковой составляющей комбинированных фаршей, обеспечивают комплексы льняной муки и цитрата натрия, а также льняной муки, цитрата натрия и  $\alpha$ -токоферола.

**Ключевые слова.** Льняная мука, мясо птицы, окисление, липиды, пигменты, цветовые характеристики

**Для цитирования:** Гуринович, Г. В. Исследование процессов окисления комбинированных мясных систем с мясом птицы и льняной мукой / Г. В. Гуринович, П. В. Санников, И. С. Патракова // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 3. С. 41–49. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-3-41-49>.

Original article

Available online at <http://fptt.ru/>

## Oxidation Processes of Combined Meat Systems with Poultry Meat and Flaxseed Flour

G.V. Gurinovich\*<sup>ORCID</sup>, P.V. Sannikov<sup>ORCID</sup>, I.S. Patrakova<sup>ORCID</sup>

Received: July 03, 2018  
Accepted: September 20, 2018

Kemerovo State University,  
6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia

\*e-mail: [ggv55@yandex.ru](mailto:ggv55@yandex.ru)



© G.V. Gurinovich, P.V. Sannikov, I.S. Patrakova, 2018

**Abstract.** It is a modern trend to use various types of plant materials in food formulae. Such an approach improves the technological properties of meat and prolongs the shelf-life of finished products. Flaxseed flour is one of the most advantageous plant crops with antioxidant properties. The present research features the effect of flaxseed flour on the oxidative processes of combined minced poultry and the synergistic effect of flaxseed flour with antioxidant additives, including ascorbic acid (0.05%), sodium citrate (0.03%), and  $\alpha$ -tocopherol (0.02%). The paper presents an experimental research on oxidation of lipid and protein fractions of minced meat in semi-smoked sausages according to the amount of flaxseed flour that was introduced in the formula alone or in combination with various additives of antioxidant action. When 5–10% of hydrated flaxseed flour was added into the minced meat, it resulted in an inhibition of lipid oxidation. In the combined minced meat at a storage temperature of 0–4 °C, the content of secondary oxidation products remained within the acceptable limits defined by safety standards (2 mg MA/kg) up to 4 days. However, this level was exceeded after only 3 days of storage in the control sample. The experiment made it possible to define the indicators characterizing the development of oxidation processes of the color-forming proteins of minced meat with the addition of flaxseed flour, including the amount of common pigments, metpigments, nitric oxide pigments, and heme iron. The indicators proved the stabilizing effect of flax flour on the coloration of the

combined minced meat systems. From the point of view of inhibiting the oxidation of the lipid and protein components, the maximum synergistic effect was provided by two combinations: 1) flaxseed flour and sodium citrate; 2) flaxseed flour, sodium citrate, and  $\alpha$ -tocopherol.

**Keywords.** Flaxseed flour, poultry meat, oxidation, lipids, pigments, color characteristics

**For citation:** Gurinovich G.V., Sannikov P.V., and Patrakova I.S. Oxidation Processes of Combined Meat Systems with Poultry Meat and Flaxseed Flour. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2018, vol. 48, no. 3, pp. 41–49. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-3-41-49>.

## Введение

В последние годы наметилась устойчивая тенденция к повышению доли мяса птицы не только в рационе питания населения, но и в рецептурах промышленно выпускаемых мясных продуктов. Положительная динамика уровня потребления сырья этого вида характерна для всех регионов страны. Доля потребления, в зависимости от региона, оценивается от 35 % до 70 %. Такое положение обусловлено высокой биологической ценностью, усвояемостью и низкой аллергенностью сырья, а также доступностью мяса птицы для производителей по стоимости и объемам его производства [5]. На сегодняшний день в производстве мясных продуктов широко применяются все виды сырья от разделки тушек птицы, включая кусковое мясо, мясо механической обвалки и субпродукты. Рациональное и комплексное использование всех видов сырья позволяет вырабатывать широкий ассортимент колбасных, кулинарных и деликатесных соленых изделий.

Новые возможности в расширении ассортимента, повышении качества и безопасности продуктов из мяса птицы создает использование натурального и обработанного растительного сырья, а также отдельных компонентов, выделенных из него. Характерной особенностью различных видов растительного сырья является то, что оно, помимо пищевой ценности, обладает другими качествами и сочетает в себе свойства различных групп наиболее известных пищевых добавок, например, влагоудерживающего агента, эмульгаторов-стабилизаторов, антиоксидантов. Эти свойства в значительной мере востребованы, в том числе в технологии изделий из мяса птицы, функциональные свойства которого, а также стабильность к процессам окисления несколько ниже, чем мяса скота.

Из названных процессов особого внимания заслуживает окисление. Оно оказывает значительное влияние на качество и безопасность изделий, а его развитие сопровождается нежелательными изменениями во вкусе, аромате, пищевой ценности. Развитие неприятного запаха и вкуса обусловлено накоплением летучих кетонов и альдегидов, которые являются конечными продуктами распада гидроперекисей. В свою очередь, альдегиды и кетоны способны реагировать с белками, создавая еще более органолептически неприятные соединения [16]. Развитие окисления липидов становится причиной изменения цвета мясных продуктов, поскольку процессы окислительного разрушения пигментов и липидов взаимосвязаны, о чем свидетельствуют

результаты многочисленных исследований [2, 17, 22]. Специфическими катализаторами окислительных процессов в мясных системах являются ионы металлов, которые способствуют распаду гидроперекисей, увеличению содержания свободных радикалов и ускорению процессов окисления.

К эффективным ингибиторам процессов окисления относятся вещества растительного происхождения. Традиционно в этом качестве используется розмарин, орегано, зеленый чай и шалфей. Изучается эффективность и возможность практического использования гвоздичного дерева, коричника китайского, горчицы черной, других [7, 10]. Антиокислительное действие сои и продуктов его переработки связывают с комплексом биофлавоноидов [8]. Для широкого круга специалистов, занимающихся проблемами ингибирования процессов свободно-радикального окисления липидов пищевой продукции в процессе ее производства и хранения, несомненный интерес представляют исследования новых видов растительного сырья, обеспечивающих интегральный эффект. Это позволяет реализовать принцип комплексной переработки природного сырья с максимальным использованием его ценных свойств.

К перспективным видам отечественного белкового сырья относится льняная мука, представляющая собой продукт помола семян льна и последующего обезжиривания полученной массы. Льняная мука – это концентрированный источник пищевых и биологических компонентов. Содержание в муке легкоусвояемого сбалансированного белка достигает 30 % и уступает в этом отношении только содержанию его в соевой муке. Это безглютеновое сырье, богатое клетчаткой (до 30 % сухих веществ), полиненасыщенными жирными кислотами (омега-3 и омега-6), витаминами B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>6</sub>, микроэлементами [21].

Антиоксидантные компоненты льняной муки представлены комплексом фенольных соединений, и витамином E. В большинстве исследований антиокислительную активность семян льна и продуктов его переработки связывают именно с фенольными компонентами, представленными различными соединениями, включая фенолы, фенольные кислоты, флавоноиды, лигнаны и другие. В зависимости от структуры антиоксиданты могут захватывать радикалы с различной скоростью и поэтому проявляют различную активность [25]. Среди продуктов антиоксидантной природы льняной муки особого внимания заслуживают лигнаны – фенольные соединения, и димеры, содержащие

дибензобутановую группу. Ингибирование процессов липидного окисления связывают с действием диглюкозида секоизолярицирезинола, который является предшественником лигнанов в организме человека, укрепляющих внутренние барьеры клеток и препятствующих размножению раковых опухолей. Обзор и анализ результатов исследований позволяет говорить о том, что при ингибировании процессов окисления липидов активность лигнанов льна сопоставима и даже превосходит такие известные препараты, как синтетический бутилоксианизол и природные экстракты розмарина [13]. Способность лигнанов поглощать гидроксильные радикалы обуславливает также их способность оказывать оздоровительный эффект на организм человека [12, 19]. Поэтому, продукты, обогащенные лигнанами, относятся к продуктам здорового питания и имеют существенное значение в профилактике гормонально-ассоциированных раковых заболеваний, остеопороза и сердечно-сосудистых заболеваний. Антиоксидантная активность лигнанов подтверждается исследованиями на пищевых продуктах, обогащенных льняной мукой, главным образом хлебулочных изделий. Так в исследованиях Белявской И. с соавторами доказано, что использование льняной муки в составе хлебулочных изделий способствует повышению их антиоксидантной емкости [1].

Менее изученным является вопрос использования льняной муки в технологии мясных продуктов и влияния ее на окислительную стабильность мясных систем. Имеющиеся данные связаны с изучением влияния рационов кормления, обогащенных семенами льна, на качество и стабильность мяса при хранении [11, 23]. Относительно качества и стабильности мясных изделий с продуктами переработки льна можно отметить следующие работы. В работе Рудницкой Ю. установлено, что введение в мясные фарши льняной муки приводит к повышению полифенольных соединений, количество которых остается достаточно высоким в процессе приготовления полуфабрикатов и их последующего разогрева, что позволяет предположить более высокую стабильность изделий в процессе хранения [6]. Исследования в Waszkowiak К. установлено, что введение в фарш мясных полуфабрикатов 1,5 % водных экстрактов на основе льняной муки замедляет накопление первичных продуктов окисления в фарше в процессе холодильного хранения в течение 3 месяцев при  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  в большей степени, чем экстракты розмарина. Добавление в фарш 3 % обезжиренной льняной муки обеспечивает ингибирующий эффект, сопоставимый с экстрактами розмарина [24]. Исходя из приведенных данных, следует признать, что исследования в этом направлении представляют несомненный научный и практический интерес и имеют целью разработку безопасных мясных продуктов, предназначенных для улучшения качества питания населения.

Целью работы являлось исследование влияния льняной муки на процессы окисления липидов

мясного сырья в составе фарша полукопченых колбас и взаимосвязанного с ними окисления белков, а также выявление синергетического эффекта от использования льняной муки в совокупности с пищевыми добавками антиокислительного действия.

#### **Объекты и методы исследования**

Объекты исследований – фарш полукопченых колбас на основе красного куриного мяса ручной обвалки (КР) и мяса птицы механической обвалки (МПМО) при соотношении 1:1 (контрольный образец). В опытных образцах 5 % и 10 % красного мяса заменено на льняную муку (ЛМ) с уровнем гидратации 1:5. Для приготовления фарша мясо птицы ручной обвалки измельчали (2–3мм), охлажденное МПМО использовали без предварительной подготовки. В качестве посолочных компонентов использованы нитритно-посолочная смесь (НПС) «НИСО» и поваренная соль в расчетных количествах, определенных, исходя из нормативного уровня введения нитрита натрия и содержания его в составе НПС. Продолжительность выдержки сырья в посоле составляла 24 часа при температуре от  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Выдержанное в посоле мясное сырье смешивали с предварительно гидратированной льняной мукой. Подготовленные фарши формовали в белкозиновую оболочку и выдерживали при температуре  $0\text{--}4\text{ }^{\circ}\text{C}$  в течение 5 суток с отбором проб для исследований через каждые 24 часа.

В качестве антиокислителей, вводимых в рецептуру совместно с льняной мукой, использованы аскорбиновая кислота, цитрат натрия,  $\alpha$ -токоферол.

Развитие процессов окисления липидной фракции контролировали методом, основанным на реакции тиобарбитуровой кислоты с малоновым альдегидом, образующимся при окислении ненасыщенных жирных кислот, содержащихся в мясе, и на последующем измерении абсорбции образовавшейся окраски на спектрофотометре при длине волны 535 нм (ТБЧ) [3].

Определяли интегральные цветовые характеристики методом цветометрического контроля качества мяса и мясopодуlктов в системе Lab, рекомендованной Международной комиссией освещения (МКО, 1978). Для определения цвета фарша в экспериментальных условиях использовали компаратор цвета КЦ-3 шаровый. В автоматическом режиме прибор рассчитывает значения коэффициентов цветности при источнике С, воспроизводящем условия дневного освещения. С учётом координат цветности источника выполняется расчёт показателей цвета в системе CIE Lab [18]. Каждое измерение проводили с трехкратной повторностью, за результат измерения принимали среднее арифметическое трех измерений. Для статистической обработки данных использовали компьютерную программу MS Excel.

Общее количество пигментов определяли методом экстракции пигментов соляно-кислым ацетоном с последующим измерением оптической плотности растворов на спектрофотометре при длине волны

640 нм [15]; содержание нитрозопигментов – методом экстракции пигментов водным раствором ацетона из гомогенизированной навески и последующим измерением оптической плотности экстракта при длине волны 540 нм [4]; количество метпигментов – по методу Krzywicki [14]; гемового железа – по методу Clark E. с соавторами [8].

### Результаты и их обсуждение

Зависимость образования вторичных продуктов окисления в фарше от уровня введения льняной муки в исследованный период хранения приведена на рисунке 1а. При анализе экспериментальных данных использовали пороговое значение содержания малонового альдегида (МА), при котором продукт считается безопасным – 2 мг/кг [20].

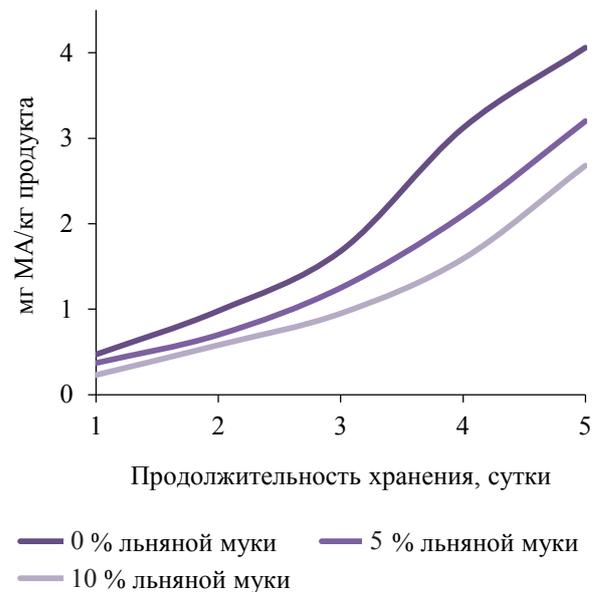
Как следует из полученных данных, при соблюдении режимов хранения (0–4 °С) развитие процесса окисления в контрольном фарше происходит достаточно быстро с увеличением количества малонового альдегида от 0,47 мг/кг фарша на первые сутки выдержки до 4,06 мг/кг на 5 сутки.

Для опытных образцов установлена общая тенденция, согласно которой введение в мясной фарш льняной муки приводит к ингибированию процесса образования вторичных продуктов окисления. Так для фарша с 5 % уровнем введения льняной муки количество вторичных продуктов окисления на каждый из периодов определения оказалось меньше, чем в контрольном образце на 21 %, 29 %, 26 %, 33 % и 21 % соответственно. Для фарша с массовой долей льняной муки 10 % уменьшение количества вторичных продуктов оказалось еще более значимым и составило 51 %, 41 %, 43 %, 49 %, и 34 % относительно контрольного фарша. Это свидетельствует о высокой антиоксидантной активности компонентов муки, которая сохраняется на практически одном уровне в течение длительного времени, что позволяет пролонгировать период безопасного хранения мясных продуктов. В опытных фаршах с 5 % и 10 % льняной муки содержание вторичных продуктов окисления остается в пределах, соответствующих норме безопасного потребления вплоть до 4 суток хранения, в то время как для контрольного образца уже через 3 суток эта норма была превышена.

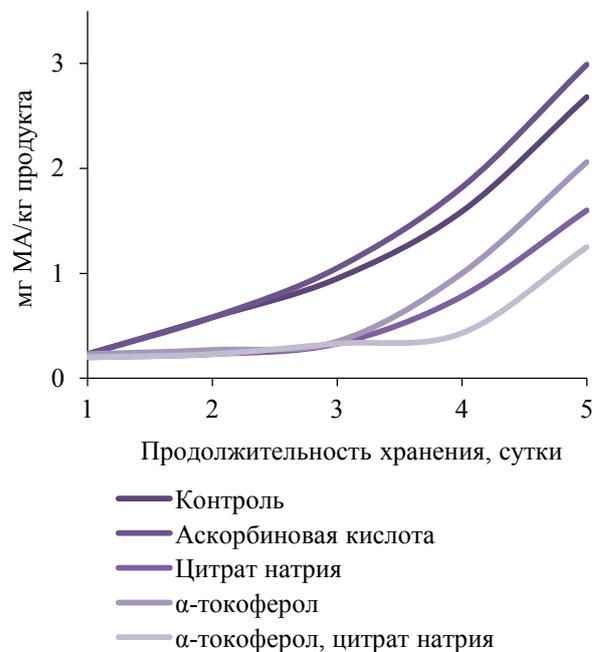
В процессах окисления липидов мясных систем существенную роль играют ионы металлов переменной валентности, в частности ионы железа, которые входят в состав небелковой части мышечных пигментов. Наиболее активными в процессе окисления являются ионы  $Fe^{3+}$  и негемовое железо. Содержание этих компонентов зависит от состояния пигментов мяса, степени вовлечения их в реакцию с нитритом натрия. Учитывая взаимозависимость процессов окисления липидов и цветоформирующих белков мяса, изучена динамика накопления вторичных продуктов окисления в комбинированных фаршах с льняной мукой и антиоксидантами, предназначенными для белковой части фарша, а именно с аскорбиновой кислотой и цитратом

натрия. Результат исследований представлены на рисунке 1б. Уровень введения льняной муки в фарш – 10 %.

Согласно полученным данным, использование цитрата натрия приводит к снижению интенсивности образования вторичных продуктов окисления и удлинению периода безопасного хранения. Относительно контрольного фарша с 10 % льняной мукой через каждые 24 часа количество вторичных продуктов оказалось меньше на 13 %, 60 %, 65 %, 60 % и 65 % соответственно.



(а)



(б)

Рисунок 1 – Влияние состава фарша на образование малонового альдегида в период его холодильного хранения (0–4 °С)

Figure 1 – The effect of minced meat composition on the formation of malonic aldehyde during cold storage (0–4 °С)

51 %, 40 %. Введение в комбинированный мясной фарш цитрата натрия и  $\alpha$ -токоферола приводят к образованию еще более устойчивой к окислению мясной системы. Количество малонового альдегида в фарше с названным комплексом добавок остается на уровне, соответствующем начальному, в течение 4 суток хранения. На последние сутки хранения в мясных фаршах, содержащих цитрат натрия и  $\alpha$ -токоферол, определяемое количество малонового альдегида оказалось не более 2 мг/кг МА. Антиокислительную активность цитрата натрия следует объяснять связыванием ионов металлов в хелатные соединения, а токоферола – способностью гидроксильной группы хроманольного кольца восстанавливать свободный радикал.

Совместное использование в рецептуре аскорбиновой кислоты и льняной муки не привело к повышению эффективности действия последней.

Параллельно с изучением процессов окисления оценивали влияние льняной муки на окраску

фаршей и ее изменение в зависимости от состава фарша. Окраску фарша в зависимости от уровня введения льняной муки, а также стабильность цветоформирующих белков фаршей к процессам окисления оценивали на основании измерения цветовых характеристик методом неразрушающего контроля в системе CIE Lab (рис. 2, 3).

Установлено, что внесение льняной муки в фаршевые системы приводит к уменьшению интенсивности окраски (L). Увеличение уровня введения муки с 5 % до 10 % не оказывает существенного влияния на величину показателя светлоты. В обоих случаях он оказался меньше, чем для контрольного фарша на 13,5 %. В период выдержки при низких положительных температурах интенсивность окраски опытных образцов сохраняется практически на исходном уровне и несколько увеличивается на 5 и 6 сутки выдержки. На фоне незначительных изменений интенсивности окраски фарша более существенные изменения выявлены

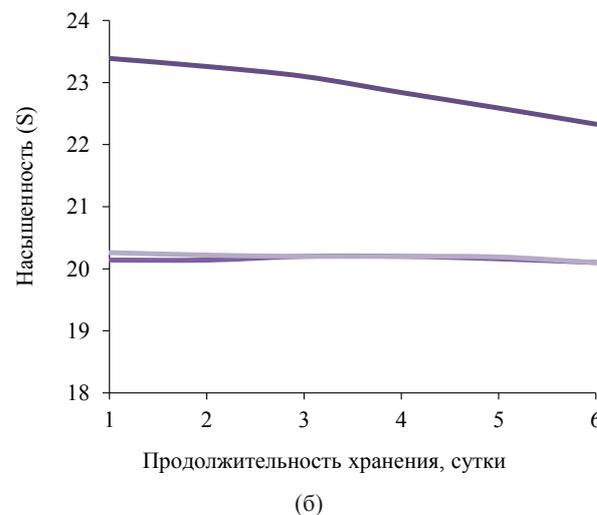
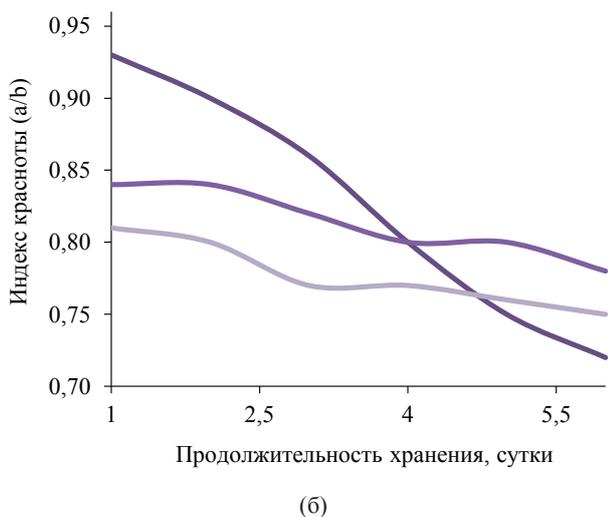
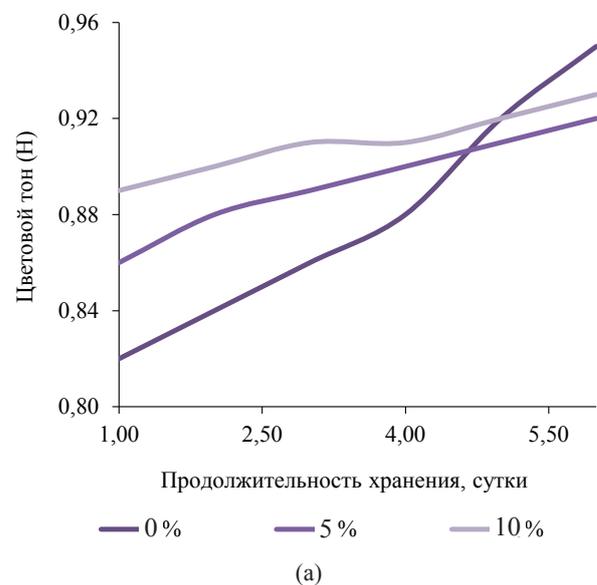
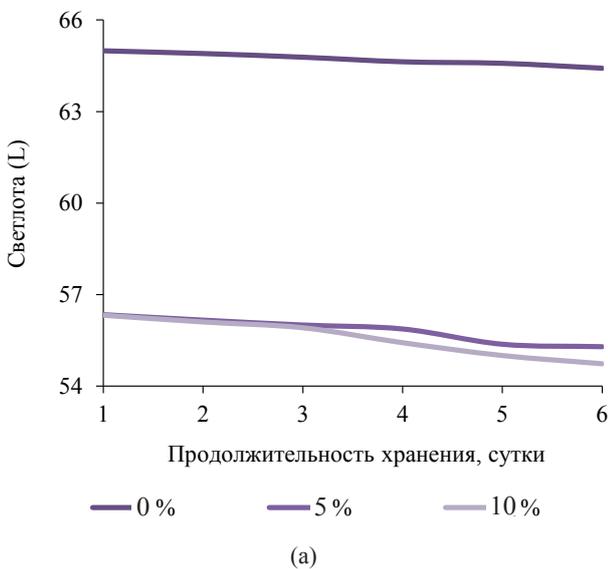


Рисунок 2 – Влияние льняной муки и продолжительности хранения на светлоту (L) и индекса красноты (a/b) комбинированных мясных систем

Figure 2 – The effect of flax flour and storage time on the lightness (L) and redness index (a/b) of the combined meat systems

Рисунок 3 – Влияние льняной муки и продолжительности хранения на показатель цветового тона (a) и насыщенности цвета (б)

Figure 3 – The effect of flax flour and storage time on the indexes of color tone (a) and color saturation (b)

Таблица 1 – Влияние льняной муки на соотношение пигментов мясных фаршей

Table 1 – The effect of flax flour on the ratio of minced meat pigments

Уровень введения ЛМ %	АО	Уровень введения АО, %	Количество			Гемовое железо, мг/кг	pH
			общих пигментов мг/кг	метпигментов, % от форм пигментов	нитрозопигментов, % от общих		
0	–	–	53,72 ± 0,08	32,80 ± 0,18	50,00 ± 0,45	4,74 ± 0,08	6,20 ± 0,05
5	–	–	51,00 ± 0,10	31,80 ± 0,22	44,00 ± 0,40	4,25 ± 0,08	6,25 ± 0,05
10	–	–	47,60 ± 0,11	30,02 ± 0,20	42,86 ± 0,46	4,20 ± 0,08	6,32 ± 0,03
10	Аскорбиновая кислота	0,05	47,60 ± 0,09	29,21 ± 0,22	63,63 ± 0,32	4,12 ± 0,08	6,18 ± 0,04
10	α-токоферол	0,02	47,60 ± 0,13	27,80 ± 0,28	58,24 ± 0,40	3,80 ± 0,08	6,26 ± 0,02
10	Цитрат натрия	0,03	47,60 ± 0,12	28,42 ± 0,26	60,00 ± 0,58	3,90 ± 0,08	6,39 ± 0,05
10	Цитрат натрия, α-токоферол	0,03 0,02	47,60 ± 0,21	25,55 ± 0,30	72,72 ± 0,37	3,72 ± 0,08	6,28 ± 0,06

в показателях, характеризующих ее качество. Об этом свидетельствует такой показатель как «индекс красноты» (рис. 2б).

Установлено, что для контрольного фарша «индекс красноты» на начальный этап хранения составляет 0,94. На каждый из периодов хранения его значение снижается на 2,2 %, 7,5 %, 13,9 %, 19,3 % и 22,6 % соответственно. Снижение «индекса красноты» следует связывать с изменением количественного соотношения форм миоглобина. С внесением антиоксиданта, в качестве которого выступает льняная мука, значения этого показателя стабилизируются. Внесение 5 % и 10 % льняной муки в мясной фарш снижает «индекс красноты» на 9,7 % и 10,8 % относительно контроля. В следующие сутки хранения разница значений остается на одном и том же уровне.

Также для характеристики цвета использовали цветовой тон и насыщенность (рис. 3а, б). Показатель цветового тона устанавливает принадлежность окраски образца к определенному оттенку цвета, а насыщенность показывает долю яркости окраски цвета.

Установлено, что введение льняной муки в рецептуру мясных фаршей стабилизирует окраску в течение всего периода хранения, о чем свидетельствуют значения цветового тона и насыщенности.

Для подтверждения данных, полученных цветометрическим контролем, а также для оценки влияния антиокислителей (АО) на белковую составляющую фарша было изучено содержание форм пигментов в комбинированных фаршах в зависимости от состава (табл. 1).

Полученные данные свидетельствуют о том, что замена мяса птицы ручной обвалки на льняную муку снижает количество пигментов мяса, участвующих в реакции цветообразования, а также количество

гемового железа. Так для мясной системы с уровнем введением 5 % ЛМ содержание общих пигментов, метпигментов и нитрозопигментов уменьшилось на 5,1 %, 1,0 % и 6,0 % относительно контрольного. Для фаршевой системы с уровнем введения ЛМ 10 % значения этих показателей практически остаются на том же уровне. С ростом уровня введения льняной муки активная кислотность опытных образцов увеличивается.

Использование в составе комбинированного фарша с 10 % ЛМ приводит к увеличению количества нитрозопигментов, наибольшему в случае введения аскорбиновой кислоты и комплекса цитрата натрия и α-токоферола. Выявлено снижение метпигментов для этих фаршевых систем, как наиболее активных окислителей.

Полученные данные согласуются с результатами оценки стабильности липидной фракции в зависимости от состава фаршей.

### Выводы

Установлено, что введение 5 % и 10 % льняной муки в мясной фарш снижает количество образования вторичных продуктов окисления на конечный период хранения с 4,1 мг МА/кг до 3,2 мг МА/кг и 2,7 мг МА/кг. При этом уровень безопасного хранения соответствует 4 суткам холодильного хранения. Существенное ингибирование процессов окисления липидов и белков выявлены в системах, содержащих 10 % льняной муки и 0,03 % цитрата натрия или комплекса цитрата натрия (0,03 %) и α-токоферола (0,02 %).

### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### Список литературы

1. Льняная мука – источник антиоксидантов в хлебобулочных изделиях для здорового питания / И. Г. Белявская, Т. Г. Богатырева, Т. А. Юдина [и др.] // Пищевая промышленность. – 2015. – № 4. – С. 32–34.
2. Гоноцкий, В. А. Динамика качественных характеристик мяса птицы при хранении / В. А. Гоноцкий, Л. П. Федина // Мясная индустрия. – 2004. – Т. 6, № 1. – С. 25–28.
3. ГОСТ Р 55810-2013 Мясо и мясные продукты. Метод определения тиобарбитурового числа. – М.: Стандартинформ, 2014. – 8 с.

4. Журавская, Н. К. Исследование и контроль качества мяса и мясопродуктов / Н. К. Журавская, Л. Т. Алехина, Л. М. Отряшенкова. – М.: Агропромиздат, 1985. – 296 с.
5. Махонина, В. Н. Сравнительная оценка биологической ценности мясного сырья убойных животных и птицы / В. Н. Махонина // Птица и птицепродукты – 2016. – № 3. – С. 26–28.
6. Рудницкая, Ю. И. Пищевая ценность мясных рубленых изделий с добавлением «Муки льняной» / Ю. И. Рудницкая, И. П. Березовикова // Техника и технология пищевых производств. – 2010. – Т. 19, № 4. – С. 42–45.
7. Karre, E. A. An overview of some natural antioxidants used in meat and poultry products. Master of Science / E. A. Karre. – Kansas, 2009. – 71 p.
8. Antioxidant effects of soy sauce on color stability and lipid oxidation of raw beef patties during cold storage / H.-W. Kim, Y.-S. Choi, J.-H. Choi [et al.] // Meat Science. – 2013. – Vol. 95, № 3. – P. 641–646. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.06.006>.
9. Clark, E. M. Haem and Total Iron in Ready-to-Eat Chicken / E. M. Clark, A. W. Mahoney, C. E. Carpenter // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 1997. – Vol. 45, № 1. – P. 124–126. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf960054l>.
10. Falowo, B. A. Review natural antioxidants against lipid–protein oxidative deterioration in meat and meat products / B. A. Falowo, P. O. Fayemi, V. Muchenje // Food Research International. – 2014. – Vol. 64. – P. 171–181. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.06.022>.
11. Impact of extruded flaxseed meal supplemented diet on growth performance, oxidative stability and quality of broiler meat and meat products / F. M. Anjum, M. F. Haider, M. I. Khan [et al.] // Lipids in Health and Disease. – 2013. – Vol. 12, № 1. – P. 13. DOI: <https://doi.org/10.1186/1476-511X-12-13>.
12. Health effects with consumption of the flax lignan secoisolariciresinol diglucoside / J. L. Adolphe, S. J. Whiting, B. H. Juurlink [et al.] // British Journal of Nutrition. – 2010. – Vol. 103, № 7. – P. 929–938. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0007114509992753>.
13. Kasote, D. M. Flaxseed phenolics as natural antioxidants / D. M. Kasote // International Food Research Journal. – 2013. – Vol 20, № 1. – P. 27–34.
14. Krzywicki, K. The determination of haem pigment in meat / K. Krzywicki // Meat Science. – 1982. – Vol. 7, № 1. – P. 29–36. DOI: [https://doi.org/10.1016/0309-1740\(82\)90095-X](https://doi.org/10.1016/0309-1740(82)90095-X).
15. Lee, B. J. A comparison of carnosine and ascorbic acid on color and lipid stability in a ground beef patties model system / B. J. Lee, D. G. Hendricks, D. P. Cornforth // Meat Science. – 1999. – Vol. 51, № 3. – P. 245–253. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(98\)00121-1](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(98)00121-1).
16. Lindsay, R. C. Flavors / R. C. Lindsay; Eds. S. Damodaran, K. Pakrin, O. R. Fennema. – Boca Raton, FL: CRC Press, 2007. – P. 639–687.
17. Myoglobin and lipid oxidation interactions: Mechanistic bases and control / C. Faustman, Q. Sun, R. Mancini [et al.] // Meat Science. – 2010. – Vol. 86, № 1. – P. 86–94. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.04.025>.
18. Ozer, O. The effects of butylated hydroxyanisole, ascorbic acid, and  $\alpha$ -tocopherol on some quality characteristics of mechanically deboned chicken patty during freeze storage / O. Ozer, C. Saricoban // Czech Journal of Food Sciences. – 2010. – Vol. 28, № 2. – P. 150–160.
19. Potential protective properties of flax lignan secoisolariciresinol diglucoside / M. Imran, N. Ahmad, F. Anjum [et al.] // Nutrition Journal. – 2015. – Vol. 14, № 1. – P. 7. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12937-015-0059-3>.
20. Sahoo, J. Effect of Natural Antioxidants and Vacuum Packaging on the Quality of Buffalo Meat Nuggets during Refrigerated Storage / J. Sahoo, A. S. R. Anjaneyuld // Meat Science. – 1997. – Vol. 47, № 3–4. – P. 223–230. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(97\)00053-3](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(97)00053-3).
21. Sensory evaluation and nutritional value of cakes prepared with whole flaxseed flour / E. A. Moraes, M. Dantas, D. Moraes [et al.] // Food Science and Technology. – 2010. – Vol. 30, № 4. – P. 974–979. DOI: <http://doi.org/10.1590/S0101-20612010000400021>.
22. Sodium chloride or heme protein induced lipid oxidation in raw, minced chicken meat and beef / H. R. Gheisari, J. K. S. Moller, C. E. Adamsen [et al.] // Czech Journal of Food Sciences. – 2010. – Vol. 28, № 5. – P. 364–375.
23. Effect of linseed and the combination of conjugated linoleic acid and linseed on the quality and oxidative stability of pig meat and subcutaneous fat // E. Vaclavkova, Z. Volek, J. Belkova [et al.] // Veterinarni Medicina. – 2016. – Vol. 61, № 8. – P. 428–435. DOI: <https://doi.org/10.17221/117/2015-VETMED>.
24. Waszkowiak, K. Effect of flaxseed meals and extracts on lipid stability in a stored meat product / K. Waszkowiak, M. Rudzinska // Journal American Oil Chemistry Society. – 2014. – Vol. 91, № 6. – P. 979–987. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11746-014-2438-x>.
25. Zanwar, A. A. In vitro antioxidant activity of ethanolic extract of *Linum usitatissimum* / A. A. Zanwar, M. V. Hegde, S. L. Bodhankar // Pharmacologyonline. – 2010. – Vol. 1. – P. 683–696.

## References

1. Belyavskaya I.G., Bogatyreva T.G., Yudina T.A., et al. Flax flours Source of Antioxidants in Bakery Products for a Healthy Diet. *Food processing industry*, 2015, no. 4, pp. 32–34. (In Russ.).
2. Gonotskiy V.A. and Fedina L.P. Dinamika kachestvennykh kharakteristik myasa ptitsy pri khranении [Dynamics of qualitative characteristics of poultry meat during storage]. *Meat Industry*, 2004, vol. 6, no. 1, pp. 25–28. (In Russ.).
3. *State Standart 55810-2013. Meat and meat products. Method for determination of tiobarbituric acid reactive assay*. Moscow: Standartinform Publ., 2014. 8 p.

4. Zhuravskaya N.K., Alekhina L.T., and Otryashenkova L.M. *Issledovanie i kontrol' kachestva myasa i myasoproduktov* [Research and quality control of meat and meat products]. Moscow: Agropromizdat Publ., 1985. 296 p. (In Russ.).
5. Makhonina V.N. Biological value comparative assessment of meat raw material from slaughtered animals and poultry. *Poultry and Poultry Processing*, 2015, no. 3, pp. 26–28. (In Russ.).
6. Rudnitskaya Y.I. and Berezovikova I.P. Nutritional Quality of Minced Meat Products with “Flax Flour” Addition. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2010, vol. 19, no. 4, pp. 42–45. (In Russ.).
7. Karre E.A. *An overview of some natural antioxidants used in meat and poultry products*. Master of Science, Kansas, 2009. 71 p.
8. Kim H.-W., Choi Y.-S., Choi J.-H., et al. Antioxidant effects of soy sauce on color stability and lipid oxidation of raw beef patties during cold storage. *Meat Science*, 2013, vol. 95, no. 3, pp. 641–646. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.06.006>.
9. Clark E.M., Mahoney A.W., and Carpenter C.E. Haem and Total Iron in Ready-to-Eat Chicken. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1997, vol. 45, no. 1, pp. 124–126. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf960054l>.
10. Falowo B.A., Fayemi P.O., and Muchenje V. Review natural antioxidants against lipid–protein oxidative deterioration in meat and meat products. *Food Research International*, 2014, vol. 64, pp. 171–181. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.06.022>.
11. Anjum F.M., Haider M.F., Khan M.I., Sohaib M., and Arshad M.S. Impact of extruded flaxseed meal supplemented diet on growth performance, oxidative stability and quality of broiler meat and meat products. *Lipids in Health and Disease*, 2013, vol. 12, no. 1, pp. 13. DOI: <https://doi.org/10.1186/1476-511X-12-13>.
12. Adolphe J.L., Whiting S.J., Juurlink B.H.J., Thorpe L.U., and Alcorn J. Health effects with consumption of the flax lignan secoisolariciresinol diglucoside. *British Journal of Nutrition*, 2010, vol. 103, no. 7, pp. 929–938. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0007114509992753>.
13. Kasote D.M. Flaxseed phenolics as natural antioxidants. *International Food Research Journal*, 2013, vol. 20, no. 1, pp. 27–34.
14. Krzywicki K. The determination of haem pigment in meat. *Meat Science*, 1982, vol. 7, no. 1, pp. 29–36. DOI: [https://doi.org/10.1016/0309-1740\(82\)90095-X](https://doi.org/10.1016/0309-1740(82)90095-X).
15. Lee B.J., Hendricks D.G., and Cornforth D.P. A comparison of carnosine and ascorbic acid on color and lipid stability in a ground beef patties model system. *Meat Science*, 1999, vol. 51, no. 3, pp. 245–253. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(98\)00121-1](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(98)00121-1).
16. Lindsay R.C. Flavors. In: *Damodaran S., Pakrin K., and Fennema O.R. (eds) Fennema's Food Chemistry*. Boca Raton, FL: CRC Press Publ., 2007, pp. 639–687.
17. Faustman C., Sun Q., Mancini R., and Suman S.P. Myoglobin and lipid oxidation interactions: Mechanistic bases and control. *Meat Science*, 2010, vol. 86, no. 1, pp. 86–94. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.04.025>.
18. Ozer O. and Saricoban C. The effects of butylated hydroxyanisole, ascorbic acid, and  $\alpha$ -tocopherol on some quality characteristics of mechanically deboned chicken patty during freeze storage. *Czech Journal of Food Sciences*, 2010, vol. 28, no. 2, pp. 150–160.
19. Imran M., Ahmad N., Anjum F., et al. Potential protective properties of flax lignan secoisolariciresinol diglucoside. *Nutrition Journal*, 2015, vol. 14, no. 1, pp. 7. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12937-015-0059-3>.
20. Sahoo J. and Anjaneyul A.S.R. Effect of Natural Antioxidants and Vacuum Packaging on the Quality of Buffalo Meat Nuggets during Refrigerated Storage. *Meat Science*, 1997, vol. 47, no. 3–4, pp. 223–230. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(97\)00053-3](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(97)00053-3).
21. Moraes E.A., Dantas M., Morais D., et al. Sensory evaluation and nutritional value of cakes prepared with whole flaxseed flour. *Food Science and Technology*, 2010, vol. 30, no. 4, pp. 974–979. DOI: <http://doi.org/10.1590/S0101-20612010000400021>.
22. Gheisari H.R., Moller J.K.S., Adamsen C.E., and Skibsted L.H. Sodium chloride or heme protein induced lipid oxidation in raw, minced chicken meat and beef. *Czech Journal of Food Sciences*, 2010, vol. 28, no. 5, pp. 364–375.
23. Vaclavkova E., Volek Z., Belkova J., et al. Effect of linseed and the combination of conjugated linoleic acid and linseed on the quality and oxidative stability of pig meat and subcutaneous fat. *Veterinari Medicina*, 2016, vol. 61, no. 8, pp. 428–435. DOI: <https://doi.org/10.17221/117/2015-VETMED>.
24. Waszkowiak K. and Rudzinska M. Effect of Flaxseed Meals and Extracts on Lipid Stability in a Stored Meat Product. *Journal American Oil Chemistry Society*, 2014, vol. 91, no. 6, pp. 979–987. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11746-014-2438-x>.
25. Zanwar A.A., Hegde M.V., and Bodhankar S.L. In vitro antioxidant activity of ethanolic extract of *Linum usitatissimum*. *Pharmacologyonline*, 2010, vol. 1, pp. 683–696.

#### Гуринович Галина Васильевна

д-р техн. наук, профессор, заведующая кафедрой технологии продуктов питания животного происхождения, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (3842) 39-68-57, e-mail: [ggv55@yandex.ru](mailto:ggv55@yandex.ru)  
 <https://orcid.org/0000-0001-7869-4151>

#### Galina V. Gurinovich

Dr.Sci.(Eng.), Professor, Head of the Department of Food Products of Animal Origin Technology, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-57, e-mail: [ggv55@yandex.ru](mailto:ggv55@yandex.ru)  
 <https://orcid.org/0000-0001-7869-4151>

**Санников Павел Валерьевич**

аспирант кафедры технологии продуктов питания животного происхождения, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (951) 160-14-83, e-mail: mr.spv12@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0001-7940-1867>

**Патракова Ирина Сергеевна**

канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры технологии продуктов питания животного происхождения, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (3842) 39-68-57, e-mail: meat@kemtipp.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-6147-0899>

**Pavel V. Sannikov**

Postgraduate Student of the Department of Technology of Food Products of Animal Origin, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (951) 160-14-83, e-mail: mr.spv12@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0001-7940-1867>

**Irina S. Patrakova**

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Technology of Food Products of Animal Origin, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-57, e-mail: meat@kemtipp.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-6147-0899>

## Зерновой экспорт как фактор устойчивого развития сельских территорий Омской области

Ю. И. Новиков<sup>id</sup>, Д. Р. Баетова\*<sup>id</sup>

ФГБОУ ВО «Омский государственный аграрный университет  
имени П. А. Столыпина»,

644008, Россия, г. Омск, Институтская площадь, 1

Дата поступления в редакцию: 22.07.2018

Дата принятия в печать: 20.09.2018

\*e-mail: [baetova-dinar@yandex.ru](mailto:baetova-dinar@yandex.ru)



© Ю. И. Новиков, Д. Р. Баетова, 2018

**Аннотация.** В условиях девальвации рубля и принятых Правительством РФ мер для поддержки экспортеров важнейшим фактором устойчивого развития сельских территорий является их ориентация на экспорт продукции. В этой связи изучение проблем и основных тенденций зернового экспорта Омской области представляется актуальным. В теоретической части работы проведено исследование понятия и признаков устойчивого развития сельских территорий, и его зависимости от уровня эффективности деятельности сельхозпроизводителей, а также выявлена зависимость уровня социально-экономического развития сельских территорий Омской области от эффективности деятельности сельхозпроизводителей региона. Обзорно-аналитическая компонента научной статьи, представленная за период 2015–2017 гг., отражает: определение долевого участия Омской области в зерновом экспорте региона и РФ, проведение структурно-динамического анализа экспорта области в разрезе товаров и товарных групп, выявление места зернового экспорта в совокупном объеме экспортных продаж, исследование динамики структуры зернового экспорта и обзор факторов влияния на зафиксированные тенденции, оценку структуры экспорта пшеницы по видам и категориям, исследование каналов реализации (географии) экспортного зерна, а также выявление определяющих логистических факторов, ограничивающих экспортные операции. В работе подчеркнута положительная роль экспорта зерна на равномерное распределение денежных потоков производителей в течение года, снижающее зависимость от сезонных факторов зернового производства. Выявленные в работе тенденции обусловлены урожайностью зерновых культур, внешнеэкономической политикой России и логистическими возможностями Омской области. Для устойчивого развития региона необходимо наращивать объемы экспорта зерна, который напрямую зависит от его производства, в сельскохозяйственных предприятиях и наиболее эффективных крестьянских (фермерских) хозяйствах. Развитие экспортного потенциала Омской области будет способствовать устойчивому развитию сельских территорий. Результаты аналитической работы могут быть использованы научными сотрудниками для исследования экспортной деятельности Омской области и устойчивого развития сельских территорий, а также сельхозпроизводителями для планирования производства зерна и экспортной деятельности.

**Ключевые слова.** Сельские территории, экспорт, зерновой экспорт, экспорт пшеницы, география экспорта

**Для цитирования:** Новиков, Ю. И. Зерновой экспорт как фактор устойчивого развития сельских территорий Омской области / Ю. И. Новиков, Д. Р. Баетова // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 3. С. 50–57. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-3-50-57>.

Original article

Available online at <http://fppt.ru/>

## Grain Export as a Factor of Sustainable Development of Rural Territories of the Omsk Region

Yu.I. Novikov<sup>id</sup>, D.R. Baetova\*<sup>id</sup>

P.A. Stolypin Omsk State Agrarian University,  
1, Institutskaya Square, Omsk, 644008, Russia

Received: July 22, 2018

Accepted: September 20, 2018

\*e-mail: [baetova-dinar@yandex.ru](mailto:baetova-dinar@yandex.ru)



© Yu.I. Novikov, D.R. Baetova, 2018

**Abstract.** In response to the current devaluation of the ruble, the Russian Government takes measures to support exporters. Thus, the most important factor of sustainable development of rural territories is their commitment to export, which explains the relevance of the present research that features the problems and top trends of grain export in the Omsk region. The theoretical part of the study develops the concept and properties of sustainable development of rural territories, its dependence on the efficiency of agricultural producers, and the situation in the Omsk region. The survey part of the paper investigates the grain export in 2015–2017: the share of the Omsk region in Russian grain export; the share of grain export in the total volume of export sales the dynamics of grain export

and a review of factors of influence; a structural and dynamic analysis of various exports; assessment of wheat export structure by types and categories; a survey of channels of distribution of export grain (geography); an analysis of the logistic factors that limit export operations. The authors stress the positive influence of grain export on the uniform distribution of annual cash flows among the producers, which reduces the seasonal character of grain production. The trends can be explained by the specifics of grain crops, Russia's foreign trade policy, and the logistic opportunities of the Omsk region. Sustainable development of the region requires a higher volume of grain export, which directly depends on the wellbeing of agricultural enterprises and farms. In general, the export potential of the Omsk region will contribute to the sustainable development of its rural territories. The research results can be used in various studies connected with grain export planning and sustainable development of rural territories.

**Keywords.** Rural territories, export, grain export, export of wheat, export geography

**For citation:** Novikov Yu.I. and Baetova D.R. Grain Export as a Factor of Sustainable Development of Rural Territories of the Omsk Region. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2018, vol. 48, no. 3, pp. 50–57. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-4-50-57>.

## Введение

Лидерство на продовольственном рынке Европы Россия заняла на исходе XIX века, когда доходы от продажи зерна обеспечивали почти половину прибыли от торговли. За один только год (с 1887 по 1888) экспорт хлеба возрос с 392,9 млн пудов до 547,9 млн пудов. Первая мировая война снизила объемы экспорта зерновых [3]. Рекордный урожай 1930 г. способствовал росту экспортных возможностей, сопоставимых с 1913 г. Однако неурожай 1932–1933 гг. вынудил сократить экспорт зерновых [11]. В 1991–1993 годах наблюдался минимальный экспорт зерна. В 2001–2002 гг., ввиду высокой урожайности, Россия вошла в десятку стран экспортеров пшеницы [15]. Благодаря высокому качеству российского зерна и конкурентным ценам Россия расширила географию экспорта зерновых до 84 стран. В 2016 году Департамент сельского хозяйства США в своем отчете признал Россию мировым лидером по экспорту пшеницы [23].

Омская область является высокоразвитым сельскохозяйственным регионом, обладает одним из крупнейших на востоке страны агропромышленным комплексом. По мясу, молоку и зерну местное производство значительно превышает уровень внутреннего потребления. Формируемые излишки ежегодно реализуются как в другие регионы России, так и на экспорт [12]. Высокое качество мягких сортов пшеницы, выращиваемой на территории Омской области, делает их конкурентоспособными с зерном ведущих стран-экспортеров. Экспорт зерновых культур является главным стимулом для роста и развития растениеводства. Растущий экспорт зерна из России и его маржинальность привлекает инвестиции в аграрный сектор [18], что позволяет надеяться на совершенствование как производственной, так и социальной инфраструктуры сельских территорий.

Цель исследования – выявление тенденций зернового экспорта Омской области как фактора устойчивого развития сельских территорий.

## Объекты и методы исследования

Объектом исследования выступают продовольственные и ресурсные рынки АПК. Реализация исследования осуществлялась на основе общенаучных методов исследования: сравнительный, логический анализ и синтез, графическая интерпретация информации, структурно-динамический анализ

данных. В исследовании были использованы данные аналитического портала «Экспорт регионов России» Российского экспортного центра.

## Результаты и их обсуждение

В соответствии со Стратегией устойчивого развития сельских территорий Российской Федерации на период до 2030 года под «сельскими территориями» понимаются территории сельских поселений [19]. Также под сельским поселением подразумевается один или несколько объединенных общей территорией сельских населенных пунктов, в которых местное самоуправление осуществляется населением через выборные органы местного самоуправления. Сельские территории, в силу многообразия функций, обладают стратегически важной ролью в современном государстве. Под устойчивым развитием сельских территорий в Стратегии понимается стабильное социально-экономическое развитие сельских территорий, характеризующееся увеличением объема производства сельскохозяйственной продукции, повышением эффективности сельского хозяйства, достижением полной занятости сельского населения и повышением уровня его жизни, рациональным использованием земель. М. А. Рабканова под устойчивым развитием сельских территорий понимает «контролируемый и отслеживаемый государством с помощью системы мониторинга комплексный динамический процесс позитивных изменений показателей, характеризующих социальное, экономическое и экологическое состояние сельских территорий, ориентированный на расширенное воспроизводство у сельскохозяйственных товаропроизводителей, диверсификацию их агропроизводства, привлечение инвестиций, использование инноваций посредством эффективных действий органов государственной власти, местных инициатив и элементов самоорганизации хозяйствующих субъектов, учитывающих ресурсный потенциал и историко-культурные особенности сельских поселений». [16] Таким образом, развитие сельских территорий предусматривает развитие сельхозтоваропроизводителей. Средства, получаемые от экспорта зерна, обеспечивают предприятиям растениеводства рост положительного денежного потока, выручки от реализации продукции, прибыли. Для растениеводческих предприятий, не

Таблица 1 – Показатели экспорта зерна в Омской области (сост. автором по [25])  
 Table 1 – Indicators of grain exports in the Omsk region (compiled by the author according to [25])

Показатель	2015 г.	2016 г.	2017 г.	Абсолютное изменение		
				2016–2015 гг.	2017–2016 гг.	2017–2015 гг.
Рейтинг Омской области по объему экспорта	16	22	21	6	–1	5
Доля Омской области в российском экспорте, %	0,26	0,17	0,16	–0,09	–0,01	–0,1
Доля товарной группы «зерно» в экспорте региона, %	1,82	1,9	1,95	0,08	0,05	0,13

Таблица 2 – Экспорт Омской области по товарам (сост. автором по [25])  
 Table 2 – Commodity export of the Omsk region (compiled by the author according to [25])

Товар	2015 г.		2016 г.		2017 г.		Темпы роста, %		
	млн долл.	уд. вес, %	млн долл.	уд. вес, %	млн долл.	уд. вес, %	2016 / 2015 гг.	2017 / 2016 гг.	2017 / 2015 гг.
Технический углерод	113,2	14,64	84,8	17,59	145,1	24,50	74,91	171,11	128,18
Полипропилен	60,2	7,78	27,3	5,66	57,7	9,74	45,35	211,36	95,85
Шины пневматические	48,5	6,27	43,4	9,00	35,6	6,01	89,48	82,03	73,40
Синтетический каучук	11,40	1,47	19,70	4,09	34,9	5,89	172,81	177,16	306,14
Рапсовое масло	17,60	2,28	9,70	2,01	16,1	2,72	55,11	165,98	91,48
Ациклические углеводороды	6,50	0,84	4,30	0,89	15,7	2,65	66,15	365,12	241,54
Алюминий и его сплавы	16,90	2,19	19,4	4,02	13,2	2,23	114,79	68,04	78,11
Пшеница	7,30	0,94	5,90	1,22	11,8	1,99	80,82	200,00	161,64
Машины для обработки почвы	4,80	0,62	6,4	1,33	11,5	1,94	133,33	179,69	239,58
Циклические углеводороды	0,3	0,04	10,6	2,20	11,50	1,94	3533,33	108,49	3833,33
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Всего	773,40		482,20		592,2		62,35	122,81	76,57

участвующих в экспортной деятельности, экспорт зерна обладает стимулирующим эффектом, создавая повышенный спрос на зерно, который повышает цены на зерно на внутреннем рынке [6, 10]. Улучшение финансовых результатов их деятельности потенциально способствует:

- обновлению основных фондов;
- закупке новых сортов зерновых культур;
- повышению платежей в бюджеты всех уровней, в т.ч. в местные бюджеты сельских территорий;
- созданию рабочих мест на сельских территориях;
- повышению уровня заработной платы на сельских территориях;
- развитию социальных программ предприятий растениеводства.

Данные эффекты от экспорта зерна будут обеспечивать развитие сельских территорий.

Таблица 3 – Структура экспорта зерна Омской области, % (сост. автором по [2])

Table 3 – The structure of grain exports of the Omsk region, % (compiled by the author according to [2])

Зерно	2015 г.	2016 г.	2017 г.	Абсолютное отклонение		
				2016–2015 гг.	2017–2016 гг.	2017–2015 гг.
Пшеница	50,4	62,29	98,31	11,89	36,02	47,91
Ячмень	47,6	37,47	0,95	–10,13	–36,52	–46,65
Овес	0,15	0,07	0,47	–0,08	0,40	0,32
Прочие зерновые	1,75	0,00	0,13	–1,75	0,13	–1,62
Рис	0,03	0,11	0,08	0,08	–0,03	0,05
Кукуруза	0,00	0,02	0,05	0,02	0,03	0,05
Рожь	0,06	0,04	0,02	–0,02	–0,02	–0,04

Государственная политика по устойчивому развитию сельских территорий реализуется, в том числе, через бюджетную политику, где деятельность хозяйствующих субъектов также имеет значительное влияние. А именно, хозяйствующие субъекты:

- являются налогоплательщиками и пополняют местные бюджеты;
- создают рабочие места и являются налоговыми агентами по НДС, частично поступающим в местные бюджеты.

Таким образом, рост прибыльности сельскохозяйственных предприятий будет обеспечивать доходную часть местных бюджетов, и, соответственно, социальные расходы и устойчивое развитие сельских территорий.

Система поддержки экспорта в России, в том числе и зернового экспорта, включает в себя АО «ЭКСаР», АО РОСЭКСИМБАНК, Система торговых представительств РФ, региональные Центры поддержки экспорта [22].

Омская область является сельскохозяйственным регионом. Однако в структуре сельскохозяйственных организаций преобладают предприятия растениеводства. В связи с этим Омская область является участником экспорта зерна. Но в силу природно-климатических особенностей вклад Омской области в экспорт зерна на российском уровне не столь велик (табл. 1).

Таким образом, за анализируемый период участие Омской области в российском экспорте снижается, что привело к падению рейтинга на 5 пунктов. Участие экспорта зерна Омского региона в относительных

Таблица 4 – Структура экспорта пшеницы Омской области, % (сост. автором по [2])

Table 4 – Structure of wheat export of the Omsk region, % (compiled by the author according to [2])

Пшеница	2015 г.	2016 г.	2017 г.	Абсолютное отклонение		
				2016–2015 гг.	2017–2016 гг.	2017–2015 гг.
Мягкая пшеница не семенная	64,8	77,71	90,68	12,91	12,97	25,88
Семенная мягкая пшеница	23,74	15,88	6,47	–7,86	–9,41	–17,27
Твердая пшеница не семенная	8,31	6,2	0,1	–2,11	–6,1	–8,21
Семенная твердая пшеница	3,15	0,22	0,75	–2,93	0,53	–2,4

показателях снижается за исследуемый период с 0,26 % до 0,16 %. Изменение структуры экспорта Омского региона [14] приводит к увеличению на 0,13 п.п. доли товарной группы «зерно» в общем объеме экспорта Омской области, занимая 11–12 место в рейтинге товарных групп. При анализе экспорта по товарам в 2017 году пшеница занимает 8 место (табл. 2).

В общем списке экспортируемых товаров Омской области лидером ежегодно является технический углерод. Также высокая доля экспорта Омской области приходится на полипропилен, синтетический каучук и шины пневматические. Данные товары производятся в Омской области традиционно, являясь производственным наследием советского периода. В целом товарная диверсификация присутствует, однако, доля других товаров не превышает 3 % в товарной структуре экспорта Омской области [8]. В абсолютных значениях самый низкий объем экспорта пшеницы за исследуемый период пришелся на 2016 год. Данный факт обусловлен непосредственным урожаем зерновых в Омской области: в 2015 году – 15,8 ц/га, в 2016 году – 10,8 ц/га, в 2017 году – 16,2 ц/га. Низкая урожайность в

2016 году привела к спаду объемов зернового экспорта по Омской области. Кроме того, 2016 год отмечается снижением мировых цен на пшеницу относительно 2015 года на 60 долларов на фоне снижения курса доллара во втором полугодии 2016 года до 60 руб. Такая ситуация вынудила экспортеров зерна Омской области обратиться к внутреннему рынку [5, 20]. 2016 год отмечается снижением общего объема экспорта Омской области, измеренного в долларах США, чем в 2015 году, на 37,65 %. Данный факт отразился на росте доли пшеницы в общем объеме экспорта Омской области на 0,28 п.п. В 2017 году наблюдаем рост экспорта пшеницы из Омской области в 2 раза, что составило 1,99 %. Указанный тренд обусловлен высокой урожайностью зерновых в 2017 году. В общей тенденции за анализируемый период рост экспорта пшеницы составил 61,64 %.

Кроме пшеницы, Омская область экспортирует другие зерновые культуры (табл. 3).

По данным таблицы 3, 2015 год отмечается большей диверсифицированностью экспорта зерна: лидерами являлись пшеница и ячмень. Однако к 2017 году доля ячменя снизилась на 46,65 п.п.,

Таблица 5 – Страны-импортеры зерна Омской области (сост. автором по [2])

Table 5 – Countries that import grain from the Omsk region (compiled by the author according to [2])

Страна-импортер	2015 г.		2016 г.		2017 г.		Темпы роста, %		
	тыс. долл.	уд. вес, %	тыс. долл.	уд. вес, %	тыс. долл.	уд. вес, %	2016 / 2015 гг.	2017 / 2016 гг.	2017 / 2015 гг.
Казахстан	4561,77	31,47	1171,98	12,35	2886,29	24,13	25,69	246,27	63,27
Турция	1272,34	8,78	–	–	2869,57	23,99	–	–	225,53
Азербайджан	222,88	1,54	3439,76	36,26	2777,45	23,22	1543,32	80,75	1246,16
Грузия	–	–	–	–	1778,21	14,87	–	–	–
Греция	–	–	–	–	680,19	5,69	–	–	–
Кипр	–	–	–	–	551,92	4,61	–	–	–
Монголия	–	–	1151,93	12,14	225,55	1,89	–	19,58	–
Китай	–	–	–	–	190,79	1,59	–	–	–
Украина	–	–	0,97	0,01	1,83	0,02	–	188,25	–
Узбекистан	946,48	6,53	1653,89	17,43	–	–	174,74	–	–
Латвия	577,48	3,98	767,57	8,09	–	–	132,92	–	–
Ливан	952,94	6,57	1292,42	13,62	–	–	135,63	–	–
Египет	2431,23	16,77	–	–	–	–	–	–	–
Польша	117,22	0,81	–	–	–	–	–	–	–
Белоруссия	0,04	0,00	–	–	–	–	–	–	–
Саудовская Аравия	3415,40	23,56	–	–	–	–	–	–	–
Туркмения	–	–	7,55	0,08	–	–	–	–	–
Всего	14497,80	100	9486,09	100	11961,8	100	65,43	126,10	82,51

что привело к росту доли пшеницы в структуре до 98,31 %. Таким образом, к 2017 году Омская область стала специализироваться на экспорте пшеницы. Рост экспорта пшеницы относительно других зерновых обусловлен отменой экспортных пошлин на пшеницу с 23 сентября 2015 года [7]. Вывозная пошлина на пшеницу была введена с 1 июля 2015 года. С 1 октября 2015 года она составляла 50 % от таможенной стоимости за минусом 6,5 тыс. рублей, но не менее 10 рублей за тонну. Отмена этой пошлины позволила экспортерам увеличить экспортную выручку практически в два раза. По этой причине структура посевных площадей по культурам также претерпела изменения.

В 2016 году впервые присутствует экспорт кукурузы, увеличивая свою долю на 0,03 п.п. в 2017 году. Подвержен колебаниям экспорт овса (прогиб в 2016 году и рост удельного веса в 2017 году) и прочих зерновых (отсутствие в 2016 году и 0,13 % в 2017 году). Единственная культура, показывающая отрицательную динамику – рожь: при её незначительной доле, снижение в структуре составило 0,04 п.п.

По категориям пшеницы Омская область специализируется на экспорте пшеницы мягкой не семенной, доля которой достигает 90,68 % (табл. 4).

Согласно данным Российского экспортного центра, 2015 год отмечается большей диверсификацией по категориям экспортируемой пшеницы. За исследуемый период наблюдается стабильная динамика: снижение доли в структуре пшеницы мягкой семенной, твердой пшеницы не семенной и пшеницы твердой семенной. Однако в абсолютных значениях производство высокопротеиновой твердой пшеницы растет [13]. Таким образом, Омская область в 2017 году специализировалась на экспорте мягкой пшеницы не семенной.

По направлениям экспорта в 2015 и 2017 гг. лидировал Казахстан, но в 2016 году лидером по объемам импорта зерна из Омской области был Азербайджан (табл. 5). Преобладание данных направлений связано с территориальной близостью и низкими затратами на вывоз пшеницы.

Среди стран-импортеров представлены как страны ближнего (Казахстан, Азербайджан,

Грузия, Украина, Узбекистан, Латвия, Белоруссия, Туркмения), так и дальнего зарубежья (Турция, Греция, Кипр, Монголия, Китай, Ливан, Египет, Польша, Саудовская Аравия). Необходимо отметить, что из стран Евразийского экономического союза присутствует только Казахстан, а остальные страны союза можно рассматривать как потенциальных импортеров [1]. Таким образом, зерно Омской области экспортируется в Африку, Ближний Восток, Средиземноморье и Восточно-азиатский регион. Необходимо отметить, что экспорт в отдельные страны не стабилен. Из всех представленных стран-импортеров ежегодно присутствуют на рынке Казахстан (в силу территориальной близости), Азербайджан (отмечается наибольшей динамикой), два года из трех присутствуют Турция, Монголия, Украина, Узбекистан, Латвия, Ливан. Данная география экспорта обусловлена логистическими возможностями [8].

Основными факторами являются:

- территориальная близость стран-импортеров;
- традиционно основной объем зерна вывозится через порты Азово-Черноморского бассейна, в связи с чем экспорт зерна происходит в страны Азово-Черноморского бассейна [17];
- изменение спроса на зерно в странах-импортерах и на мировом рынке;
- политические факторы [24].

Таким образом, география экспорта зерна Омской области за исследуемый период претерпела значительные изменения.

В отличие от экспорта других товарных групп экспорт зерна в течение года не стабилен. Это связано с особенностями производственного цикла, недостатком элеваторов и желанием реализовать зерно на пике цены [21]. Согласно рисунку 1, сезон начинается с августа месяца и заканчивается в июне. В этот период итоги экспортного сезона и складывающиеся условия летнего периода создают условия для подготовки экспортерами плана зернового экспорта на новый сезон, который традиционно начинается в августе [4]. Необходимо отметить, что в июле экспорт зерна тоже производится, но его объем не высок. Максимальный, объем

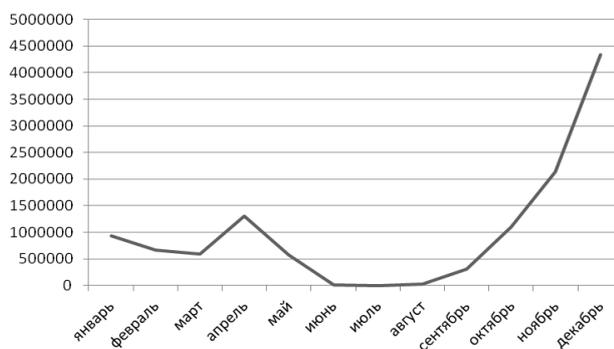


Рисунок 1 – Экспорт зерна Омской области по месяцам 2017 г., долл. (сост. автором по [25])

Figure 1 – Export of grain of the Omsk region by months of 2017, dollars (compiled by the author according to [25])

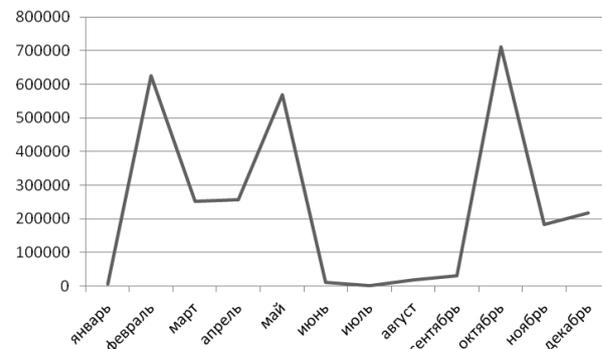


Рисунок 2 – Экспорт зерна Омской области в Казахстан по месяцам 2015 г., долл. (сост. автором по [25])

Figure 2 – Export of grain of the Omsk region to Kazakhstan in May 2015, dollars (compiled by the author according to [25])

экспорта приходится на декабрь. Малый пик в апреле связан с весенним ростом цены на зерно, а также потребностью в средствах при подготовке к новому сезону.

Активность экспорта зерна в Казахстан значительно отличается (рис. 2). Согласно графику наибольший вывоз зерна Омской области в Казахстан производится в октябре, следующий пик приходится на февраль и на май. Особенности данного графика объясняются ценовыми колебаниями, зависимостью экспорта от результатов уборочной компании зерновых культур, зимних каникул.

### Выводы

За 2015–2017 гг. экспорт зерна Омской области претерпел следующие изменения:

- позиция Омской области в российском экспорте зерна показало снижение рейтинга на 5 пунктов в связи с общим снижением экспорта зерна Омской области на 17,49 %;
- вследствие отмены экспортной пошлины на пшеницу снизилась диверсификация экспорта Омской области внутри товарной группы «зерно», что вывело пшеницу на 98,31 % в структуре экспорта зерна;
- увеличилась в экспорте пшеницы доля пшеницы

мягкой не семенной, по сравнению с 2015 годом, до 90,68 %;

– изменилась география экспорта: при постоянстве лидерства Казахстана в вывозе зерна Омской области отсутствуют среди стран-импортеров в 2017 году африканский регион и Саудовская Аравия, выбиравшие в 2015 году до 45 % экспорта зерна.

Данные тенденции свидетельствуют о наличии экспортного потенциала Омской области, что при благоприятных условиях будет способствовать повышению благосостояния населения и устойчивому развитию сельских территорий.

### Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

### Финансирование

Материалы подготовлены в рамках выполнения исследования при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Омской области в рамках научного проекта «Исследование системы показателей уровня и качества жизни сельского населения, позволяющей оценивать результаты социального развития сельских территорий Омской области» № 18-410-550024

### Список литературы

1. Алтухов, А. И. Развитию зернового экспорта Евразийского экономического союза необходима согласованная экспортная политика / А. И. Алтухов // Прикладные экономические исследования. – 2016. – Т. 13, № 3. – С. 4–9.
2. Аналитический портал «Экспорт регионов России» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.exportcenter.ru/services/analitika-i-issledovaniya/interaktivnye-analiticheskie-produkty/interaktivnaya\\_karta\\_s\\_dannymi\\_ob\\_eksporte\\_iz\\_rf/](https://www.exportcenter.ru/services/analitika-i-issledovaniya/interaktivnye-analiticheskie-produkty/interaktivnaya_karta_s_dannymi_ob_eksporte_iz_rf/). – Дата обращения: 16.06.2018.
3. Васильев, В. С. Страницы экономической истории: «голодный экспорт» и индустриализация / В. С. Васильев // Лесной вестник. – 1998. – № 1 – С. 108–112.
4. Джамбулат Хатуов: Регионам необходимо уже сейчас формировать план экспорта зерновых урожая 2018 года // APK NEWS. – 2018. – № 6. – С. 11.
5. Исаева, О. В. Зерновой экспорт России: факторы и механизмы ценообразования / О. В. Исаева, Д. И. Исаев // Синергия наук. – 2018. – № 23. – С. 249–256.
6. Кадочников, П. А. Открытость российской экономики как источник экономического роста / П. А. Кадочников, А. Ю. Кнобель, С. Г. Синельников-Мурылев // Вопросы экономики. – 2016. – № 12. – С. 26–42.
7. Кравченко, А. В. Состояние и перспективы экспорта зерновых культур в контексте отмены экспортной пошлины на пшеницу / А. В. Кравченко, Л. Н. Хрипкова, А. Ю. Бородин // Экономика и предпринимательство. – 2017. – Т. 81, № 4–2. – С. 1091–1093.
8. Любимов, И. Л. Атлас экономической сложности российских регионов / И. Л. Любимов, М. В. Лысюк, М. А. Гвоздева // Вопросы экономики. – 2018. – № 6. – С. 71–91.
9. Сложность экономики и возможность диверсификации экспорта в российских регионах / И. Л. Любимов, М. А. Гвоздева, М. В. Казакова [и др.] // Журнал Новой экономической ассоциации. – 2017. – Т. 34, № 2. – С. 94–123.
10. Мищенко, Ю. И. Роль экспорта в развитии регионального зернового рынка / Ю. И. Мищенко, А. В. Клименко // Список статей XI Международной научно-практической конференции «Приоритетные направления развития науки и образования» / Чувашский государственный университет им. И. Н. Ульянова. – Чебоксары, 2016. – Т. 11, № 4–2. – С. 192–195.
11. Назаренко, Н. Н. Экспорт зерновых начала 30-х гг. XX в. в контексте голода 1932–1933 гг. / Н. Н. Назаренко, А. В. Башкин // Новейшая история России. – 2016. – Т. 17, № 3. – С. 105–120. DOI: <https://doi.org/10.21638/11701/spbu24.2016.307>.
12. Новиков, Ю. И. Перспективы повышения конкурентоспособности зерна в Омской области / Ю. И. Новиков, О. В. Шумакова // Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2016. – Т. 22, № 2. – С. 283–288.
13. Новиков, Ю. И. Формирование рынка зерна и его конкурентной среды / Ю. И. Новиков // Электронный научно-методический журнал Омского ГАУ. – 2016. – Т. 4, № 1. – С. 14.
14. Новикова, Т. В. Особенности внешнеэкономической деятельности Омского региона: внешнеторговый грузопоток / Т. В. Новикова // Экономика и социум. – 2016. – Т. 24, № 5–2. – С. 346–351.
15. Огневцев, С. Б. Экспорт российского зерна: история, современность, перспективы / С. Б. Огневцев // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2002. – № 3. – С. 12–14.

16. Рабканова, М. А. Устойчивое социально-экономическое развитие сельских территорий (на материалах Омской области) : дис. ... канд. эконом. наук : 08.00.05 / Рабканова Мария Андреевна. – Новосибирск, 2014. – 25 с.
17. Раевская, А. В. История и перспективы экспорта зерна из России / А. В. Раевская, Н. А. Каширина, М. А. Бабьяк // Никоновские чтения. – 2017. – № 22. – С. 136–138.
18. Раевская, А. В. Российский экспорт зерна в современных условиях / А. В. Раевская, Н. А. Каширина // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. – 2017. – Т. 61, № 3. – С. 14–19.
19. Распоряжение Правительства РФ от 02.02.2015 N 151-р «Об утверждении Стратегии устойчивого развития сельских территорий Российской Федерации на период до 2030 года» (с изменениями и дополнениями) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/902130343>. – Дата обращения: 05.06.2018.
20. Сивченко, А. С. Девальвация национальной валюты как фактор роста конкурентоспособности экспорта зерновых культур / А. С. Сивченко // Аспирант. – 2016. – Т. 20, № 4–2. – С. 71–74.
21. Соболев, О. С. «Точки роста» экономики в сельском хозяйстве России / О. С. Соболев // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2018. – № 3. – С. 52–60.
22. Суржикова, Т. Б. Развитие инфраструктуры поддержки экспорта в современной российской экономике / Т. Б. Суржикова, И. В. Трифонова // Инновационная экономика и общество. – 2015. – Т. 8, № 2. – С. 108–114.
23. Тырсина, А. Р. Анализ экспорта пшеницы из Российской Федерации и перспективы его развития / А. Р. Тырсина // Форум молодых ученых. – 2018. – Т. 21, № 5–3. – С. 474–481.
24. Шагайда, Н. И. Продовольственное эмбарго и выбор приоритетов / Н. И. Шагайда, В. Я. Узун // Вопросы экономики. – 2016. – № 7. – С. 93–105.
25. Экспортная справка по региону России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.exportcenter.ru/services/analitika-i-issledovaniya/gotovye-analiticheskie-produkty/spravka\\_po\\_subektu\\_rossii/](https://www.exportcenter.ru/services/analitika-i-issledovaniya/gotovye-analiticheskie-produkty/spravka_po_subektu_rossii/). – Дата обращения: 16.06.2018.

#### References

1. Altukhov A.I. Razvitiyu zernovogo ehksporta Evraziyskogo ehkonomicheskogo soyuza neobkhodima soglasovannaya ehksportnaya politika [The development of grain exports of the Eurasian Economic Union requires a coordinated export policy]. *Prikladnye ehkonomicheskie issledovaniya* [Applied economic research], 2016, vol. 13, no. 3, pp. 4–9. (In Russ.).
2. *Analiticheskiy portal “Ehksport regionov Rossii”* [Analytical portal “Export in Russian Regions”]. Available at: [https://www.exportcenter.ru/services/analitika-i-issledovaniya/interaktivnye-analiticheskie-produkty/interaktivnaya\\_karta\\_s\\_dannymi\\_ob\\_eksporte\\_iz\\_rf/](https://www.exportcenter.ru/services/analitika-i-issledovaniya/interaktivnye-analiticheskie-produkty/interaktivnaya_karta_s_dannymi_ob_eksporte_iz_rf/). (accessed 16 June 2018).
3. Vasil'ev V.S. Stranitsy ehkonomicheskoy istorii: “golodnyy ehksport” i industrializatsiya [Pages of economic history: “starvation exports” and industrialization]. *Forestry Bulletin*, 1998, no. 1, pp. 108–112. (In Russ.).
4. Dzhambulat Khatuov: Regionam neobkhodimo uzhe seychas formirovat' plan ehksporta zernovykh urozhaya 2018 goda [Regions need to create a plan for the export of cereals for the harvest of 2018]. *APK NEWS*, 2018, no. 6, pp. 11. (In Russ.).
5. Isaeva O.V. and Isaev D.I. Russian grain exports: factors and pricing mechanisms. *Sinergiya nauk* [Synergy of Sciences], 2018, no. 23, pp. 249–256. (In Russ.).
6. Kadochnikov P.A., Knobel A.Yu., and Sinelnikov-Murylev S.G. Openness of the Russian economy as a source of economic growth. *Voprosy Ekonomiki*, 2016, no. 12, pp. 26–42. (In Russ.).
7. Kravchenko A.V., Khripkova L.N., and Borodina A.Yu. Status and prospects of export crops in the context of cancellation of export duties for wheat. *Journal of Economy and entrepreneurship*, 2017, vol. 81, no. 4–2, pp. 1091–1093. (In Russ.).
8. Lyubimov I.L., Lysyuk M.V., and Gvozdeva M.A. Atlas of economic complexity, Russian regional pages. *Voprosy Ekonomiki*, 2018, no. 6, pp. 71–91. (In Russ.).
9. Lyubimov I.L., Gvozdeva M.A., Kazakova M.V., and Nesterova K.M. Economic Complexity of Russian Regions and their Potential to Diversify. *Journal of the New Economic Association*, 2017, vol. 34, no. 2, pp. 94–123. (In Russ.).
10. Mishchenko Yu.I. and Klimenko A.V. Rol' ehksporta v razvitii regional'nogo zernovogo rynka [The role of exports in the development of the regional grain market]. *XI International Research and Practical Conference “Priority directions of science and education development”*. Cheboksary, 2016, vol. 11, no. 4–2, pp. 192–195. (In Russ.).
11. Nazarenko N.N. and Bashkin A.V. Cereal Crops Export in Early 1930s in the Context of the Famine of 1932–1933. *Modern history of Russia*, 2016, vol. 17, no. 3, pp. 105–120. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21638/11701/spbu24.2016.307>.
12. Novikov Yu.I. and Shumakova O.V. Prospects of grain competitiveness improvement in Omsk Region. *Bulletin of Omsk State Agrarian University*, 2016, vol. 22, no. 2, pp. 283–288. (In Russ.).
13. Novikov Yu.I. Formation of the Grain Market and Its Competitive Environment. *Research and Scientific Electronic Journal of Omsk SAU*, 2016, vol. 4, no. 1, pp. 14. (In Russ.).
14. Novikova T.V. Features of foreign economic activity of Omsk Region: foreign freight turnover. *Ehkonomika i sotsium* [Economy and Society], 2016, vol. 24, no. 5–2, pp. 346–351. (In Russ.).
15. Ognitvsev S.B. Ehksport rossiyskogo zerna: istoriya, sovremennost', perspektivy [Exports of Russian grain: history, modernity, prospects]. *Economy of agricultural and processing enterprises*, 2002, no. 3, pp. 12–14. (In Russ.).
16. Rabkanova M.A. *Ustoychivoe sotsial'no-ehkonomicheskoe razvitie sel'skikh territoriy (na materialakh Omskoy oblasti)*. Dis. kand. ehkonom. nauk [Sustainable socio-economic development of rural territories (the case of the Omsk Region): Diss. Cand. Econom. Sci.]. Novosibirsk, 2014, 25 p.
17. Raevskaya A.V., Kashirina N.A., and Bab'yak M.A. Istoriya i perspektivy ehksporta zerna iz Rossii [History and prospects of grain exports from Russia]. *Nikonovskie chteniya* [Nikonov Readings], 2017, no. 22, pp. 136–138. (In Russ.).

18. Raevskaya A.V. and Kashirina N.A. Russian Grain Exports in Modern Conditions. *Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy*, 2017, vol. 61, no. 3, pp. 14–19. (In Russ.).
19. *Rasporyazhenie Pravitel'stva RF ot 02.02.2015 N 151-r "Ob utverzhdenii Strategii ustoychivogo razvitiya sel'skikh territoriy Rossiyskoy Federatsii na period do 2030 goda" (s izmeneniyami i dopolneniyami)* [Order of the Government of the Russian Federation of 02.02.2015 No. 151-p "On approval of the Strategy for Sustainable Development of Rural Territories of the Russian Federation for the Period up to 2030" (with amendments and additions)]. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/902130343>. (accessed 05 June 2018).
20. Sivchenko A.S. Devaluation of the national currency as a factor in the competitiveness of export crops growth. *Aspirant [Asprant]*, 2016, vol. 20, no. 4–2, pp. 71–74.
21. Sobolev O.S. "Points of Growth" in Economics of Agriculture in Russia. *Economy of agricultural and processing enterprises*, 2018, no. 3, pp. 52–60. (In Russ.).
22. Surzhikova T.B. and Trifonova I.V. Infrastructure export in modern Russian economy. *Innovative economics and society*, 2015, vol. 8, no. 2, pp. 108–114. (In Russ.).
23. Tyrsina A.R. Analysis of wheat exports from the Russian federation and prospects of its development. *Forum molodykh uchenykh* [Forum of young scientists], 2018, vol. 21, no. 5–3, pp. 474–481. (In Russ.).
24. Shagaida N.I. and Uzun V.Ya. Food embargo and choice of priorities. *Voprosy Ekonomiki*, 2016, no. 7, pp. 93–105. (In Russ.).
25. *Ehksportnaya spravka po regionu Rossii* [Export reference for the region of Russia]. Available at: [https://www.exportcenter.ru/services/analitika-i-issledovaniya/gotovye-analiticheskie-produkty/spravka\\_po\\_subektu\\_rossii/](https://www.exportcenter.ru/services/analitika-i-issledovaniya/gotovye-analiticheskie-produkty/spravka_po_subektu_rossii/). (accessed 16 June 2018).

**Новиков Юрий Иванович**

канд. экон. наук, доцент, проректор по научной работе, ФГБОУ ВО «Омский государственный аграрный университет имени П. А. Столыпина», 644008, Россия, г. Омск, Институтская площадь, 1, тел.: +7 (3812) 65-10-54, e-mail: [ui.novikov@omgau.org](mailto:ui.novikov@omgau.org)  
 <https://orcid.org/0000-0003-0230-6380>

**Yury I. Novikov**

Cand.Sci.(Econ.), Associate Professor, Vice Rector for Research, P.A. Stolypin Omsk State Agrarian University, 1, Institutskaya Square, Omsk, 644008, Russia, phone: +7 (3812) 65-10-54, e-mail: [ui.novikov@omgau.org](mailto:ui.novikov@omgau.org)  
 <https://orcid.org/0000-0003-0230-6380>

**Баегова Динар Рахметуловна**

канд. пед. наук, доцент, доцент кафедры экономики, бухгалтерского учета и финансового контроля, ФГБОУ ВО «Омский государственный аграрный университет имени П. А. Столыпина», 644008, Россия, г. Омск, Институтская площадь, 1, тел.: +7 (3812) 65-37-55, e-mail: [baetova-dinar@yandex.ru](mailto:baetova-dinar@yandex.ru)  
 <https://orcid.org/0000-0003-3091-2169>

**Dinar R. Baetova**

Cand.Sci.(Ped.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Economy, Accounting and Financial Control, P.A. Stolypin Omsk State Agrarian University, 1, Institutskaya Square, Omsk, 644008, Russia, phone: +7 (3812) 65-37-55, e-mail: [baetova-dinar@yandex.ru](mailto:baetova-dinar@yandex.ru)  
 <https://orcid.org/0000-0003-3091-2169>

## Использование молочного белка в производстве жележных изделий

Э. Н. Крылова\*<sup>ORCID</sup>, Т. В. Савенкова<sup>ORCID</sup>, О. С. Руденко<sup>ORCID</sup>, Е. Н. Маврина<sup>ORCID</sup>

ВНИИКП – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем  
им. В.М. Горбатова» РАН,  
107023, Россия, г. Москва, ул. Электровзаводская, 20

Дата поступления в редакцию: 20.08.2018

Дата принятия в печать: 20.09.2018

\*e-mail: [confect@mail.ru](mailto:confect@mail.ru)



© Э. Н. Крылова, Т. В. Савенкова, О. С. Руденко, Е. Н. Маврина, 2018

**Аннотация.** С учетом новых взглядов на питание необходимо обеспечить адекватность состава пищевых продуктов с необходимыми жизненно важными нутриентами. Достижение этой цели связано с развитием производства функциональных пищевых продуктов, обогащенных незаменимыми компонентами. Анализ питания населения России показал, что дефицит полноценных белков составляет около 33 %. Белки служат регуляторами генетической функции нуклеиновых кислот, в качестве ферментов участвуют во всех стадиях биосинтеза полипептидов, служат для запаса и переноса кислорода, осуществляют иммунологическую функцию. Целью исследований является разработка технологии получения жележного мармелада повышенной биологической ценности с использованием молочного белка. Научные исследования выполнены на базе ВНИИКП – филиала ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН с использованием общепринятых методов: физико-химических, реологических и органолептических. В качестве объекта исследований выбран жележный мармелад. Он имеет низкую пищевую ценность, большое количество углеводов (70 %). Для обогащения изделия выбраны концентраты молочного и сывороточного белков с содержанием белка 80 % и имеющие высокий индекс биологической ценности (от 53 % до 170 %), а также студнеобразователь – желатин с содержанием белка 87,2 %. В процессе исследований установлено оптимальное соотношение сахара и патоки, количество студнеобразователя (8 %), количество концентратов молочного и сывороточного белков (5 %) в рецептуре жележных изделий. Исследовано влияние белков на вязкость жележной массы, ее формование. Разработан способ введения концентратов белка в процессе уваривания жележной массы для предотвращения их денатурации. Разработана технология получения жележного мармелада с молочным белком, в котором содержание белка составляет 11,2 г на 100 г изделия, что обеспечивает 14,2 % энергетической ценности изделия. Такое изделие согласно нормативной документации является «источником белка».

**Ключевые слова.** Студнеобразователь, молочный белок, сывороточный белок, биологическая ценность, функциональные изделия

**Для цитирования:** Использование молочного белка в производстве жележных изделий / Э. Н. Крылова, Т. В. Савенкова, О. С. Руденко [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 3. С. 58–64. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-3-58-64>.

Original article

Available online at <http://fptt.ru/>

## The Use of Milk Protein in the Production of Jelly Products

E.N. Krylova\*<sup>ORCID</sup>, T.V. Savenkova<sup>ORCID</sup>, O.S. Rudenko<sup>ORCID</sup>, E.N. Mavrina<sup>ORCID</sup>

VNIKIP – Branch of V.M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of RAS,  
20, Electrozavodskaya Str., Moscow, 107023, Russia

Received: August 20, 2018

Accepted: September 20, 2018

\*e-mail: [confect@mail.ru](mailto:confect@mail.ru)



© E.N. Krylova, T.V. Savenkova, O.S. Rudenko, E.N. Mavrina, 2018

**Abstract.** According to the most progressive views on nutrition, the composition of food products should involve certain vital nutrients, hence the rapid development of functional, or fortified foods. An analysis of the diet of the Russian population showed a 33% lack of native proteins. Proteins serve as regulators of the genetic function of nucleic acids, participate as enzymes in all stages of the biosynthesis of polypeptides, store and transport oxygen, and perform an immunological function. The research objective was to develop a technology for producing jelly marmalade of high biological value by using milk protein. The studies were performed at the All-Russian Research Institute of the confectionery industry (a branch of V. M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems). The authors employed standard methods, e.g. physico-chemical, rheological, and organoleptic. The research featured jelly marmalade because it has a low nutritional value and a large amount of carbohydrates (70%). To fortify the product, the researchers used concentrated milk and whey proteins with a 80% protein content and a high biological value index (53%–170%). Gelatin served as the gelling agent. Its protein content was 87.2%. The experiment made it possible to establish the optimal ratio of sugar and molasses, the amount of gelling agent (8%), the amount of milk and whey protein concentrates (5%), and the influence of proteins on the viscosity of the jelly mass and its formation. The authors developed a method that makes it possible to introduce protein concentrates into the

process of jelly boiling while preventing protein denaturation. The new technology produces jelly marmalade with milk protein content 11.2 g per 100 g, which means that the energy value of the product is 14.2%. According to regulatory documentation, such a product is deemed as a “source of protein”.

**Keywords.** Gelling protein, milk protein, whey protein, biological value, functional products

**For citation:** Krylova E.N., Savenkova T.V., Rudenko O.S., and Mavrina E.N. The Use of Milk Protein in the Production of Jelly Products. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2018, vol. 48, no. 3, pp. 58–64. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-3-58-64>.

### Введение

Задачи в области здорового питания состоят в развитии производства функциональных пищевых продуктов, обогащенных незаменимыми компонентами.

Имеются работы, связанные с обогащением пищевых продуктов витаминами и минеральными веществами [1], есть ряд работ по снижению сахароемкости жележных изделий, где сахароза заменена на подсластители [2–6], по повышению пищевой ценности жележных изделий, в которых используют мягкий сливочный сыр и другое сырье [7–10]. Есть разработки технологии мармелада, обогащенного различными добавками; изделий профилактического назначения [11–16]. Разработан мармелад, обогащенный янтарной кислотой, которая является биологически активным веществом – парафармацевтиком, влияющая на многие жизненные функции [17].

Литературный обзор и патентный поиск показал, что при производстве жележного мармелада отсутствуют функциональные изделия с принципом обогащения животным белком.

Целью исследований является разработка технологии получения жележного мармелада повышенной биологической ценности с использованием молочного белка.

Анализ питания населения России показал, что дефицит полноценных белков составляет около 33 %. Белки служат регуляторами генетической функции нуклеиновых кислот, в качестве ферментов участвуют во всех стадиях биосинтеза полипептидов, служат для запаса и переноса кислорода, осуществляют иммунологическую функцию. Животные белки имеют все незаменимые аминокислоты, находящиеся в соотношении близком к соотношению в белках человека [18].

### Объекты и методы исследования

В качестве объекта исследований выбран жележный мармелад. Он имеет низкую пищевую ценность и большое количество углеводов (70 %).

Научные исследования выполнены на базе Всероссийского научно-исследовательского института кондитерской промышленности – филиала ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В. М. Горбатова» РАН с использованием методик определения характеристик готовых изделий с применением следующих приборов: фотоэлектрокалориметра КФК-2МП, вискозиметра Reotest-2, структурометра СТ-2, прибора Aqua Lab 3 TE (Decagon Devices, USA), методики определения массовой доли белка методом Кьельдаля.

Проводили исследования по установлению биологической ценности белка в сопоставлении его аминокислотного состава с составом аминокислот в эталонном белке; по установлению оптимальных соотношений рецептурных компонентов и технологического процесса получения жележного мармелада с молочным белком. Устанавливали влияние различных факторов на процесс структурообразования.

Разработана технология введения в рецептуру молочного белка с целью предотвращения его денатурации в процессе уваривания.

### Результаты и их обсуждение

Обоснованием оптимального набора и соотношения компонентов для производства функциональных продуктов, приближенных к физиологическим потребностям организма, является информация о составе исходных ингредиентов.

Препараты животного происхождения, представляющие интерес, представлены в таблице 1.

Из таблицы следует, что особый интерес представляют концентраты молочного и сывороточного белка с массовой долей белка в них примерно 80 %, а также желатин, содержащий 87,2 % белка.

Для образования в организме человека необходимых белковых элементов белки должны состоять из взаимосбалансированных количеств незаменимых аминокислот [19].

Биологическая ценность белка определяется сопоставлением его аминокислотного состава с

Таблица 1 – Физико-химические показатели сырья, содержащего животный белок

Table 1 – Physico-chemical parameters of raw materials containing animal protein

Вид продукта	Массовая доля, %				Титруемая кислотность °Т
	влаги	белка	углеводов	жира	
Сыворотка подсырная	4,0	12,0	72,0	1,3	10,0
Сыворотка творожная	4,0	12,0	72,0	0,8	50,0
Концентрат сывороточного белка	5,0	80,0	2,0	6,0	15,0
Концентрат молочного белка	5,0	80,0	6,0	1,4	7,0
Желатин	16,0	87,2	0,7	0,4	6,0

Таблица 2 – Показатели содержания аминокислот и индекса биологической ценности концентратов сывороточного и молочного белков, желатина

Table 2 – Amino-acid content and biological value index of whey and milk protein concentrates and gelatin

Незаменимые аминокислоты	Концентрат сывороточного белка		Концентрат молочного белка		Желатин	
	Содержание аминокислот, г/100 г	Аминокислотный скор к эталонному белку, %	Содержание аминокислот, г/100 г	Аминокислотный скор к эталонному белку, %	Содержание аминокислот, г/100 г	Аминокислотный скор к эталонному белку, %
Треонин	5,2	107,6	4,9	101,5	2,20	45,4
Валин	5,1	69,4	7,2	97,9	3,30	44,9
Метионин	2,2	53,3	2,8	67,8	0,90	21,8
Изолейцин	5,5	87,5	6,1	97,1	1,80	28,6
Лейцин	12,3	134,1	9,2	100,3	3,40	37,0
Фенилаланин	3,5	52,0	5,0	74,3	2,55	37,9
Лизин	9,4	137,6	8,2	120,0	4,60	67,3
Триптофан	2,9	171,6	1,7	100,6	1,00	59,2

составом аминокислот в эталонном белке (белок куриного яйца) по аминокислотной шкале комитета ФАО/ВОЗ, расчетом аминокислотного сора, который рассчитывается по формуле:

$$C_j = \frac{A_j}{H_j} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где  $C_j$  – аминокислотный скор j-й аминокислоты белка, %;

$A_j$  – содержание j-й аминокислоты в молочном белке, г/100г;

$H_j$  – содержание j-й аминокислоты в эталонном белке, г/100г.

Полученные данные представлены в таблице 2. Из данных таблицы следует, что выбранные для обогащения изделия концентраты молочного и сывороточных белков имеют высокий индекс биологической ценности (от 53 % до 170 %) по отдельным видам аминокислот.

Биологическая ценность желатина ниже (от 22 % до 67 %).

Однако желатин необходимо использовать как студнеобразователь.

В рецептуре желеиног мармелада большое значение имеет соотношение сахара и патоки для получения необходимого количества редуцирующих веществ, от которых зависит структура изделия, изменение качества в процессе хранения.

Исследования показали, что оптимальным является добавление патоки 25–30 % по массе выхода.

Уменьшение патоки приводит к быстрому просахариванию желеиног массы в процессе хранения, а увеличение – ослаблению студнеобразной структуры массы, понижению величины пластической прочности.

При установлении оптимального количества студнеобразователя (8–12 %) определяли изменение структурно-механических показателей желеиног массы: деформацию образца при сжатии, ее эластичность, а также определялась органолептическая оценка консистенции.

Исследования показали, что при добавлении желатина в количестве 10–12 % эластичность массы – 1 и она приобретает «жевательные» свойства, что нежелательно.

Для получения студнеобразной структуры необходимо добавить 8 % желатина. Эластичность массы при этом составляет 0,7.

Для обогащения изделия белком использовали концентраты молочного и сывороточного белков в количестве 3–7 % по массе выхода.

Сывороточные белки лактоглобулин и лактоальбумин, а также молочный белок казеин при воздействии высокой температуры денатурируют, что ведет к изменению их функционально-технологических свойств. Денатурация сопровождается потерей устойчивости белковых глобул, которая сопровождается их агрегированием, в результате которой образуются более крупные частицы (образование хлопьев) [20].

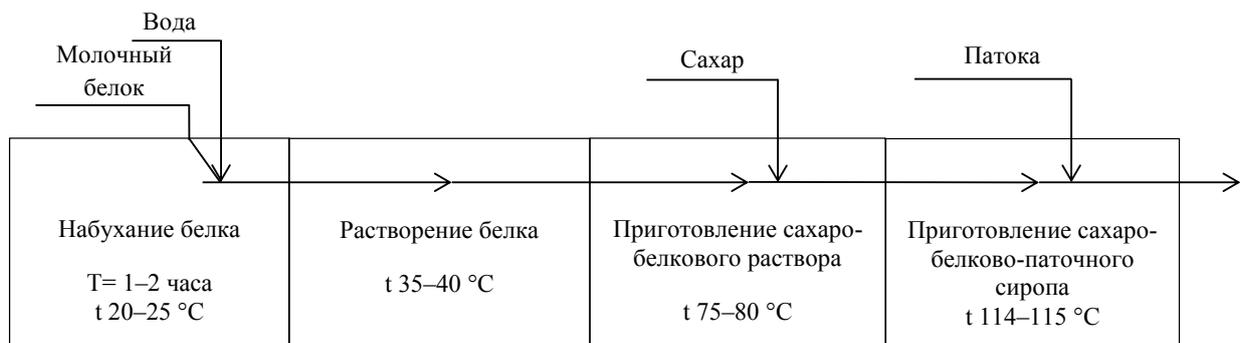


Рисунок 1 – Схема приготовления сахаро-белково-паточного сиропа для предотвращения денатурации белка

Figure 1 – Diagram of the preparation of sugar-protein-molar syrup to prevent protein denaturation

Таблица 3 – Влияние массовой доли белка на вязкость желейной массы

Table 3 – Effect of protein mass fraction on the viscosity of the jelly mass

Массовая доля белка, %	Концентрат сывороточного белка		Концентрат молочного белка		Примечание
	Влажность массы, %	Эффективная вязкость, Па·с при $\epsilon=40\text{ c}^{-1}$	Влажность массы, %	Эффективная вязкость, Па·с при $\epsilon=40\text{ c}^{-1}$	
3,0	20,5	6,2	22,3	6,8	Уваривание массы и ее формование без затруднений
5,0	20,3	7,5	22,5	8,2	Уваривание массы и ее формование без затруднений
7,0	20,5	9,0	22,4	10	Уваривание массы затруднено

Таблица 4 – Показатели индекса биологической ценности мармелада в зависимости от используемого сырья

Table 4 – Indicators of the index of the biological value of marmalade according to the raw material

Наименование аминокислот	Аминокислотный скор к эталонному белку, %	
	Концентрат молочного белка 5%, желатин 8%	Концентрат сывороточного белка 5%, желатин 8%
Треонин	65,95	68,3
Валин	64,27	54,4
Метионин	38,58	33,8
Изолейцин	53,65	50,0
Лейцин	60,16	72,4
Фенилаланин	51,18	43,1
Лизин	86,59	92,7
Триптофан	74,29	100,0

Таблица 5 – Показатели пищевой и энергетической ценности желейного мармелада

Table 5 – Food and energy value indicators of jelly marmalade

Наименование	Пищевая ценность на 100 г продукта, г			Энергетическая ценность 100 г продукта, кДж/ккал	Энергетическая ценность обеспеченная белком, %
	Белки	Жиры	Углеводы		
«Мармелад желейный с молочным белком»	11,2	0	62,4	1317/315	14,2

Для предотвращения денатурации белков разработан способ их введения в процессе уваривания желейной массы (рис. 1)

Из рисунка видно, что уваривание массы до 114–115 °С происходит только после добавления в сахаро-белковый раствор патоки.

При таком способе введения молочных белков концентрированные растворы сахаров адсорбируются на поверхности глобул белков и образуют гидрофильные комплексы, которые защищают белки от денатурации.

Для уваривания и формования желейной массы большое значение имеет ее вязкость.

Исследования показали, что при добавлении в рецептуру концентратов молочного и сывороточного белков вязкость увеличивается (табл. 3).

Из таблицы видно, что концентрат молочного белка в большей степени повышает вязкость массы, что объясняется его большой молекулярной массой около 250000, и не позволяет уваривать желейную массу до влажности менее 22 %.

Оптимальным является добавление 5 % концентратов белка по массе выхода.

Для получения желейной массы в сахаро-белково-паточный сироп, охлажденный до 85 °С, добавляется расплавленный желатин, лимонная кислота, ароматизатор.

Масса тщательно перемешивается и формируется отливкой в крахмал или тефлоновые формы.

Структурообразование желейных изделий происходит при температуре 8–10 °С в течение 20–30 минут.

Представляло интерес определение биологической ценности полученного изделия при содержании в рецептуре 5 % концентратов молочного или сывороточного белков и 8 % желатина.

Для этого был рассчитан аминокислотный скор (индекс биологической ценности) (табл. 4).

Из таблицы видно, что используемое белоксодержащее сырье для обогащения мармелада является оптимальным, так как индекс биологической ценности изделия высокий и по отдельным аминокислотам молочного белка составляет от 38 % до 86 %, сывороточного белка от 34 % до 100 % по отношению к аминокислотному составу эталонного белка (белок куриного яйца).

Показатели пищевой и энергетической ценности изделия представлены в таблице 5.

Из таблицы следует, что 14,2 % энергетической ценности изделия обеспечивается белком с высоким индексом биологической ценности.

В результате исследований разработана технология получения желейного мармелада повышенной биологической ценности с

использованием молочного и сывороточного белков. Общее количество белка в изделии составляет 11,2 г на 100 г изделия.

### Выводы

Таким образом, определено белоксодержащее сырье для обогащения желейного мармелада: концентрат молочного белка с содержанием белка 80 %, концентрат сывороточного белка с содержанием белка 80 %. Они имеют высокий индекс биологической ценности (от 53 % до 170 %) по отдельным видам аминокислот.

В качестве студнеобразователя выбран желатин, содержащий 87,2 % белка.

Определено их оптимальное значение: молочного и сывороточного белков 5 %, желатина 8 % по массе выхода.

Разработан способ введения белков в процессе приготовления желейной массы для предотвращения их денатурации при температуре 114–115 °С.

Установлено их влияние на структурно-механические и физико-химические показатели изделия.

Разработан способ структурообразования изделий: выстаивание корпусов при температуре 8–10 °С в течение 20–30 минут.

Полученный по разработанной технологии желейный мармелад имеет повышенную биологическую ценность за счет содержания белка (11,2 г на 100 г изделия). При этом 14,2 % энергетической ценности обеспечивается также белком с высоким индексом биологической ценности. В соответствии с нормативной документацией ГОСТ Р 55577-2013 «Продукты пищевые специализированные и функциональные. Информация об отличительных признаках и эффективности», такое изделие является «источником белка» функциональной направленности.

### Конфликт интересов

Конфликт интересов отсутствует.

### Список литературы

1. Спиричев, В. Б. Обогащение пищевых продуктов витаминами и минеральными веществами. Наука и технология / В. Б. Спиричев, Л. Н. Шатнюк, В. М. Поздняковский, под общ. ред. В. Б. Спиричева. – Новосибирск: Сиб. Унив. Из-во, 2004. – 547 с.
2. Крылова, Э. Н. Подсластители в желейном мармеладе на желатине / Э. Н. Крылова, Е. Н. Маврина, Т. В. Савенкова // Кондитерское производство. – 2016. – № 5. – С. 16–17.
3. Желейно-фруктовый мармелад с сахарозаменителем / Г. О. Магомедов, Л. А. Лобосова, И. Х. Арсунукаев [и др.] // Кондитерское производство. – 2013. – № 5. – С. 18–19.
4. Крылова, Э. Н. Использование подсластителей в производстве фруктово-желейных конфет / Э. Н. Крылова, Т. В. Савенкова, Е. Н. Маврина // Кондитерское производство. – 2015. – № 6. – С. 17–18.
5. Петрухина, И. Сахарозаменители натурального происхождения для производства кондитерских изделий / И. Петрухина // Кондитерское и хлебопекарное производство. – 2017. – Т. 169, № 3–4. – С. 12–13.
6. Новое в технике и технологии мармелада функционального назначения / Г. О. Магомедов, И. Х. Арсунукаев, А. Я. Олейникова [и др.]. – Воронеж: Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2009. – 206 с.
7. Желейный мармелад с мягким сливочным сыром / Г. О. Магомедов, Л. А. Лобосова, А. С. Магомедова [и др.] // Кондитерское производство. – 2017. – № 4. – С. 6–9.
8. Лобосова, Л. А. Желейно-фруктовый мармелад повышенной пищевой ценности / Л. А. Лобосова, С. Н. Журахова, А. З. Магомедова // Кондитерское и хлебопекарное производство. – 2017. – Т. 169, № 3–4. – С. 40–41.
9. Технология производства обогащенного фруктово-желейного мармелада / Г. О. Магомедов, Л. А. Лобосова, С. Н. Журахова [и др.] // Кондитерское производство. – 2016. – № 2. – С. 10–12.
10. Шестопалова, Н. Е. Апельсиновые волокна CITRI-FI для диетических кондитерских изделий / Н. А. Шестопалова // Кондитерское и хлебопекарное производство. – 2013. – Т. 146, № 11–12. – С. 20–21.
11. Степанова, Е. Н. Технология производства и оценка качества обогащенного мармелада / Е. Н. Степанова, А. Н. Табаторович // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2010. – № 5. – С. 48–51.
12. Артемова, Е. Н. Использование технологических свойств ягод красной смородины новых сортов в производстве желейных продуктов / Е. Н. Артемова, Н. В. Мясищева // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2010. – № 5. – С. 3–7.
13. Скобельская, З. Г. Мармелад профилактического назначения / З. Г. Скобельская // Кондитерское и хлебопекарное производство. – 2015. – Т. 155, № 1–2. – С. 61–62.
14. Табаторович, А. Н. Желейно-фруктовый мармелад на основе пюре черноплодной рябины / А. Н. Табаторович, Е. Н. Степанова, В. И. Бакайтис // Пищевая промышленность. – 2017. – № 7. – С. 54–57.
15. Применение творожной сыворотки при изготовлении мармелада / Л. А. Коростылева, Т. В. Парфенова, М. Д. Боярова [и др.] // Кондитерское производство. – 2012. – № 6. – С. 19–21.
16. Табаторович, А. Н. Разработка и оценка качества обогащенного желейного мармелада с добавлением настоя гибискуса / А. Н. Табаторович, О. Д. Худякова // Товароведение продовольственных товаров. – 2013. – № 6. – С. 4–10.
17. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Nutrient Data Laboratory. USDA National Nutrient Database for Standard Reference, Release 28. Version Current: September 2015.
18. Лисицин, А. Б. Оценка качества белка с использованием компьютерных технологий / А. Б. Лисицин, М. А. Никитина, Е. Б. Сусь // Пищевая промышленность. – 2016. – № 1. – С. 26–29.

19. Минифай, Б. Шоколад, конфеты, карамель и другие кондитерские изделия / Б. Минифай. – СПб: Профессия, 2005. – С. 276–277.

## References

1. Spirichev V.B., Shatnyuk L.N., and Pozdnyakovskiy V.M. *Obogashchenie pishchevykh produktov vitaminami i mineral'nymi veshchestvami. Nauka i tekhnologiya* [Food fortification with vitamins and minerals. Science and technology]. Novosibirsk: Siberian University Publ., 2004. 547 p. (In Russ.).
2. Krylova E.N., Mavrina E.N., and Savenkova T.V. Sweeteners in Fruit Jelly on Gelatin. *Confectionary manufacture*, 2016, no. 5, pp. 16–17. (In Russ.).
3. Magomedov G.O., Lobosova L.A., Arsanukaev I.H., and Kharlamova E.V. Fruit-Jelly marmalade with the sweetener. *Confectionary manufacture*, 2013, no. 5, pp. 18–19. (In Russ.).
4. Krylova E.N., Savenkova T.V., and Mavrina E.N. The Use of Sweeteners in the Productio of Fruit Jelly Candies. *Confectionary manufacture*, 2015, no. 6, pp. 17–18. (In Russ.).
5. Petrukhnina I. Sakharozameniteli natural'nogo proiskhozhdeniya dlya proizvodstva konditerskikh izdeliy [Natural sweeteners in confectionery]. *Confectionery and Baking Industry*, 2017, vol. 169, no. 3–4, pp. 12–13. (In Russ.).
6. Magomedov G.O., Arsunukaev I.Kh., Oleynikova A.Ya., and Lobosova L.A. *Novoe v tekhnike i tekhnologii marmelada funktsional'nogo naznacheniya* [Modern methods and technology of functional marmalade]. Voronezh: Voronezh State University of Engineering Technologies Publ., 2009. 206 p. (In Russ.).
7. Magomedov G.O., Lobosova L.A., Magomedov M.G., et al. Jelly Marmalade with Soft Cream Cheese. *Confectionary manufacture*, 2017, no. 4, pp. 6–9. (In Russ.).
8. Lobosova L.A., Zhurakhova S.N., and Magomedova A.Z. Zheleyno-fruktovyi marmelad povyshennoy pishchevoy tsennosti [Jelly fruit marmalade with increased nutritional value]. *Confectionery and Baking Industry*, 2017, vol. 169, no. 3–4, pp. 40–41. (In Russ.).
9. Magomedov G.O., Lobosova L.A., Magomedov M.G., Zhurakhova S.N., and Magomedova A.Z. Technology of Enriched Fruit and Fruit Jelly Production. *Confectionary manufacture*, 2016, no. 2, pp. 10–12. (In Russ.).
10. Shestopalova N.E. Apel'sinovyie volokna CITRI-FI dlya dieticheskikh konditerskikh izdeliy [Orange fibers Citri-Fi for diet confectionery]. *Confectionery and Baking Industry*, 2013, vol. 146, no. 11–12, pp. 20–21. (In Russ.).
11. Stepanova Ye.N. and Taborovich A.N. Production technology and quality estimation of the enriched fruit candy. *Storage and processing of farm products*, 2010, no. 5, pp. 48–51. (In Russ.).
12. Artemova E.N. and Myasishcheva N.V. Ispol'zovanie tekhnologicheskikh svoystv yagod krasnoy smorodiny novykh sortov v proizvodstve zheleynykh produktov [The use of technological properties of new varieties of red currants in jelly products]. *Technology and the study of merchandise of innovative foodstuffs*, 2010, no. 5, pp. 3–7. (In Russ.).
13. Skobel'skaya Z.G. Marmelad profilakticheskogo naznacheniya [Preventive marmalade]. *Confectionery and Baking Industry*, 2015, vol. 155, no. 1–2, pp. 61–62. (In Russ.).
14. Taborovich A.N., Stepanova E.N., and Bakaytis V.I. Fruit jelly made of black chokeberry puree. *Food processing industry*, 2017, no. 7, pp. 54–57. (In Russ.).
15. Korostileva L.A., Parfenova T.V., Boyarova M.D., and Zaytseva P.V. Curd whey application in the marmalade production. *Confectionary manufacture*, 2012, no. 6, pp. 19–21. (In Russ.).
16. Taborovich A.N. and Khudyakova O.D. Making and quality assessment of enriched marmalade with hibiscus infusion. *Goods Manager of Food Products*, 2013, no. 6, pp. 4–10. (In Russ.).
17. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Nutrient Data Laboratory. USDA National Nutrient Database for Standard Reference, Release 28. Version Current: September 2015.
18. Lisitsyn A. B., Nikitina M.A., and Sus E.B. Evaluation of Protein Quality with Using of Computer Technologies. *Food processing industry*, 2016, no. 1, pp. 26–29. (In Russ.).
19. Minifay B. *Shokolad, konfety, karamel' i drugie konditerskie izdeliya* [Chocolate, sweets, caramel, and other pastries]. St. Petersburg: Professiya Publ., 2005. 276–277 pp. (In Russ.).

### Крылова Эмилия Николаевна

канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник, ВНИИКП – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, 107023, Россия, г. Москва, ул. Электrozаводская, 20, тел.: +7 (495) 962-17-48, e-mail: confect@mail.ru  
 <https://orcid.org/0000-0003-1724-0783>

### Савенкова Татьяна Валентиновна

д-р техн. наук, профессор, директор, ВНИИКП – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова», 107023, Россия, г. Москва, ул. Электrozаводская, 20, тел.: + 7 (495) 963-65-35, e-mail: confect@mail.ru  
 <https://orcid.org/0000-0002-4254-7931>

### Emilia N. Krylova

Cand.Sci.(Eng.), Leading Researcher, VNIKP – Branch of V.M. GorbatoV Federal Research Center for Food Systems of RAS, 20, ElectroZavodskaya Str., Moscow, 107023, Russia, phone: +7 (495) 962-17-48, e-mail: confect@mail.ru  
 <https://orcid.org/0000-0003-1724-0783>

### Tatyana V. Savenkova

Dr.Sci.(Eng.), Professor, Director, VNIKP – Branch of V.M. GorbatoV Federal Research Center for Food Systems of RAS, 20, ElectroZavodskaya Str., Moscow, 107023, Russia, phone: + 7 (495) 963-65-35, e-mail: confect@mail.ru  
 <https://orcid.org/0000-0002-4254-7931>

**Руденко Оксана Сергеевна**

канд. техн. наук, старший научный сотрудник, ВНИИКП – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова», 107023, Россия, г. Москва, ул. Электрозаводская, 20, тел.: + 7 (495) 963-54-75, e-mail: confect@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-2436-4100>

**Маврина Елена Николаевна**

младший научный сотрудник, ВНИИКП – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова», 107023, Россия, г. Москва, ул. Электрозаводская, 20, тел.: +7 (495) 962-17-48, e-mail: confect@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-3996-0239>

**Oksana S. Rudenko**

Cand.Sci.(Eng.), Senior Researcher, VNIKP – Branch of V.M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of RAS, 20, Electrozavodskaya Str., Moscow, 107023, Russia, phone: + 7 (495) 963-54-75, e-mail: confect@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-2436-4100>

**Elena N. Mavrina**

Junior Researcher, VNIKP – Branch of V.M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of RAS, 20, Electrozavodskaya Str., Moscow, 107023, Russia, phone: +7 (495) 962-17-48, e-mail: confect@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-3996-0239>

## Изучение эффективности действия антибактериального препарата для хранения кисломолочных продуктов

С. А. Сухих<sup>1,\*</sup> , А. А. Лукин<sup>2</sup>, Ю. В. Голубцова<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта»,  
236016, Россия, г. Калининград, ул. А. Невского, 14

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»,  
650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6

Дата поступления в редакцию: 15.07.2018  
Дата принятия в печать: 20.09.2018

\*e-mail: [stas-asp@mail.ru](mailto:stas-asp@mail.ru)



© С. А. Сухих, А. А. Лукин, Ю. В. Голубцова, 2018

**Аннотация.** Вследствие того, что существующие методы дезинфекции тары для кисломолочных продуктов не обладают достаточной эффективностью, в качестве дезинфицирующего раствора использовался антимикробный препарат на основе наночастиц серебра, меди и цинка. В данной работе изучались свойства антибактериального препарата с целью доказательства его эффективности при обработке тары для увеличения продолжительности хранения кисломолочных продуктов. Наночастицы серебра для антимикробного препарата получались с размерами от 1 до 10 нм. Наноразмерные частицы меди для антимикробного препарата получались методом электрического взрыва. Установлено, что массовая доля действующего вещества (активных металлов) в антибактериальном препарате составляла 50,1 %, массовая доля воды составляла 11,2 %, массовая доля водорода перекиси составляла 1,0 %. Для оценки эффективности действия антибактериального препарата проводился анализ микробиологических свойств кисломолочного продукта (творога) на ООО ИНПЦ «Иннотех». Творог упаковывали по 50 г в заранее обработанную погружением в антибактериальный препарат полиэтиленовую тару и оставляли на хранение при регламентируемой температуре  $-4 \pm 1$  °С. Оценка качества и микробиологического состояния творога проводилась на 3, 5, 7, 9, 11, 13 сутки, что обосновано условиями эксперимента и нормативной документацией. Установлено, что продукт после хранения в таре, обработанной антибактериальным препаратом, не содержал патогенных бактерий, а именно *L. monocytogenes*, бактерий рода сальмонелл, бактерий группы кишечной палочки и стафилококков, дрожжей, плесеней и жизнеспособных микробных клеток. Доказано, что исследуемый образец сохранял свои потребительские свойства в течение 13 суток, т.к. контрольный образец на 7 сутки был уже непригоден к употреблению. Таким образом, при использовании исследуемого антибактериального препарата для обработки тары для хранения кисломолочных продуктов удалось повысить срок хранения кисломолочного продукта более чем на 5 суток (по сравнению с контролем).

**Ключевые слова.** Кисломолочные продукты, полиэтиленовая тара, антибактериальный препарат, коллоидный раствор, наночастицы

**Для цитирования:** Сухих, С. А. Изучение эффективности действия антибактериального препарата для хранения кисломолочных продуктов / С. А. Сухих, А. А. Лукин, Ю. В. Голубцова // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 3. С. 65–71. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-3-65-71>.

Original article

Available online at <http://fptt.ru/>

## Efficacy of Antimicrobials in Fermented Milk Storage

S.A. Sukhikh<sup>1,\*</sup> , A.A. Lukin<sup>2</sup>, Yu.V. Golubtsova<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Immanuel Kant Baltic Federal University,  
14, A. Nevskogo Str., Kaliningrad, 236016, Russia

<sup>2</sup> Kemerovo State University,  
6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia

Received: July 15, 2018  
Accepted: September 20, 2018

\*e-mail: [stas-asp@mail.ru](mailto:stas-asp@mail.ru)



© S.A. Sukhikh, A.A. Lukin, Yu.V. Golubtsova, 2018

**Abstract.** The existing methods of disinfection of containers for fermented milk products proved to be ineffective. The present research featured an antimicrobial preparation based on silver, copper, and zinc nanoparticles as a disinfectant solution. The authors studied the properties of the antimicrobial in order to prove its effectiveness in processing containers to increase the shelf-life of fermented milk products. The size of the silver nanoparticles ranged from 1 to 10 nm. The nanoscale particles of copper were obtained by the method

of electric explosion. It was established that the mass fraction of the active substance (active metals) in the antimicrobial was 50.1%; the mass fraction of water was 11.2%; the mass fraction of hydrogen peroxide was 1.0%. To assess the ability of the antimicrobial to increase shelf-life of fermented milk products, the authors analyzed the microbiological properties of cottage cheese. The 50-gram samples were packed in pre-treated polyethylene containers that had been cleaned with the antimicrobial. After that the samples were left for storage at minus  $4 \pm 1^\circ\text{C}$ . The quality and the microbiological state of the cottage cheese was evaluated on days 3, 5, 7, 9, 11, and 13, which was justified by the experimental conditions and regulatory documentation. Eventually, it was established that the product contained no pathogenic bacteria, such as *L. monocytogenes*, *Salmonella*, *E. coli*, staphylococci, yeast, molds or any viable microbial cells. It was proved that the test sample retained its consumer properties for 13 days, while the control sample was found unusable by day 7. Thus, by using the antimicrobial, it was possible to increase the shelf life of the dairy product by more than 5 days.

**Keywords.** Fermented milk products, plastic packaging, antibacterial drug, antimicrobial, colloidal solution, nanoparticles

**For citation:** Sukhikh S.A., Lukin A.A., and Golubtsova Yu.V. Efficacy of Antimicrobials in Fermented Milk Storage. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2018, vol. 48, no. 3, pp. 65–71. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-3-65-71>.

## Введение

Качество выпускаемой молочными предприятиями продукции в значительной мере определяется качеством мойки и дезинфекции технологического оборудования, тары, инвентаря, с которыми соприкасаются молоко и молочные продукты [1]. Обеззараживание тары предусматривает ее полное или частичное освобождение от микробиологического загрязнения [2].

Дезинфекция горячей водой не всегда обеспечивает необходимую температуру прогрева тары для кисломолочных продуктов. Горячие виды дезинфекции неприемлемы, когда тару необходимо сразу использовать в производстве под охлажденный продукт.

Свет губительно действует на микроорганизмы и может использоваться для обеззараживания тары для кисломолочных продуктов [3, 4]. Наибольшей бактерицидностью обладают лучи с короткой волной и сильным фотохимическим действием (ультрафиолетовая часть спектра). Высокое бактерицидное действие ультрафиолетовых лучей широко используют для обеззараживания тары для кисломолочных продуктов, холодильных камер на предприятиях молочной промышленности. Для этого применяют бактерицидные увиолевые лампы разной мощности [5].

К химическим способам обеззараживания тары для кисломолочных продуктов относят дезинфекцию, с применением разнообразных дезинфектантов с помощью распылительных аэрозольных технологий [6] или погружных жидкостных технологий [6].

В современной производственной практике существует реальная потребность совершенствования дезинфекционных и стерилизационных технологий, основанных на общих принципах научной дезинфектологии. Основными требованиями, предъявляемыми к современным средствам обеззараживания от микробиологических агентов, являются сочетание высокого уровня безопасности, эффективности и универсальности [7].

Целью работы являлось изучение эффективности антибактериального препарата для погружной обработки полиэтиленовой тары в процессе хранения кисломолочных продуктов.

## Объекты и методы исследования

Исследования были проведены в период с 2016 по 2018 гг. на базе кафедры «Бионанотехнология»

научно-исследовательского института биотехнологии. Использовалось аналитическое оборудование научно-образовательного Центра коллективного пользования Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кемеровский государственный университет».

На разных этапах работы объектами и материалами исследования явились:

- творог по ГОСТ 31453-2013;
- антимикробный препарат, состоящий из следующих компонентов: синтезированный согласно методике [8, 9] коллоидный раствор серебра (50 %), синтезированный коллоидный раствор наночастиц меди (25 %), наноразмерные частицы оксида цинка (25 %);
- серебро азотнокислородное по ГОСТ 1277-75;
- физиологический раствор;
- хлорид натрия по ГОСТ 4233-77;
- гидроксид натрия по ГОСТ Р 55064-2012;
- цинк уксуснокислый 2-водный по ГОСТ 5823-78;
- изопропиловый спирт по ГОСТ 9805-84;
- тест-пластины для проведения микробиологического контроля: 3М™ Petrifilm™ Aerobic Count Plate (AC), 3М™ Petrifilm™ E. coli and Coliform Count Plate (EC), 3М™ Petrifilm™ Staph Express Count Plate (STX) + 3М™ Petrifilm™ Staph Express Disk (3М™ Health Care, США);

Другие использованные отечественные и импортные химические реактивы имели степень чистоты не ниже х.ч.

С целью оценки микробиологических свойств творога определяли общую бактериальную обсемененность с применением косвенного метода. Стандартными методиками проводили определение количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов и бактерий группы кишечных палочек (по ГОСТ 9225–84 и по ГОСТ 25102–90). Идентификацию микроорганизмов проводили методом сопоставления макроскопических и микроскопических признаков исследуемой культуры. Микроскопирование осуществляли, используя прямой микроскоп AxioScore A1 (Carl Zeiss AG, Германия) и инвертированный микроскоп AxioVert A1 (Carl Zeiss AG, Германия).

Наноразмерные частицы серебра для проведения исследований получали химическим синтезом с применением азотнокислородного серебра

(AGM-синтез) [9]. Наночастицы металла составляли от 1 до 10 нм.

Наноразмерные частицы меди для проведения исследований получали методом электрического взрыва проводников (длина проводника 80 мм, диаметр – 0,3 мм) в среде аргона в присутствии ионов водорода (массовая доля 10 %). Условия проведения эксперимента: давление  $1,50 \times 10^5$  Па, зарядное напряжение емкостного накопителя – 24 кВ. Далее проводили медленное окисление наночастиц меди воздухом, выступающего в роли стабилизатора согласно разработанной методике. Размер наночастиц в среднем составил от 30 до 60 нм. По форме наночастицы напоминали сферу, удельная поверхность которых/которой составила в среднем  $8,7 \text{ м}^2/\text{г}$  [10, 11].

Коллоидный раствор меди готовили с добавлением водного раствора хлорида натрия (массовая доля 9 %) и дистиллированной воды [12, 13]. Для этого порошок наночастиц меди взвешивали на аналитических весах (10 мг) ViBRAHT (ShinkoDenshi, Japan, (точность  $\pm 0,0001$  г)), добавляли в предварительно приготовленную

среду для диспергирования, затем суспензию перемешивали с применением гомогенизатора в течение 30 сек с последующей обработкой на ультразвуковом гомогенизаторе в течение 60 сек. Начальная концентрация наночастиц в коллоидных растворах достигала 10 мг/л. Затем готовили суспензии коллоидных растворов меди с концентрацией: 2; 4; 6, 8 и 10 мкг/мл на основе физиологического раствора [14, 15].

Наноразмерные частицы цинка получали щелочным гидролизом в среде изопропилового спирта. Для этого приготовленные растворы гидроксида натрия и уксуснокислого цинка смешивали и выдерживали в течение двух суток при температуре 60 °С [16, 17]. Во время выдерживания постоянно интенсивно смешивали растворы для образования устойчивой взвеси. Получившийся коллоид не расслаивается во времени и является устойчивым.

Для выявления и определения количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов, колиформных бактерий (БГКП), бактерий семейства *Enterobacteriaceae*, *E. Coli*,

Таблица 1 – Оценка основных показателей кисломолочного продукта, хранившегося в таре обработанной антибактериальным препаратом и контроль на 3, 5, 7 сутки

Table 1 – Evaluation of the main indicators of the fermented milk product stored in containers treated with the antimicrobial and its control on day 3, 5, and 7

Наименование показателя	72 часа		120 часов		168 часов	
	Контроль	Проба	Контроль	Проба	Контроль	Проба
Консистенция и внешний вид	Мягкая, рассыпчатая, однородных размеров		Мягкая, рассыпчатая, мажущая частично однородная		Мягкая, комкующая, мажущая частично однородная	
Вкус и запах	Чистые, кисломолочные, без посторонних привкусов и запахов				Слабая горечь, выраженный посторонний привкус	
Цвет	Белый, равномерный по всей массе				Белый с кремовым оттенком	
Массовая доля белка, %	16,8 ± 0,2	16,8 ± 0,2	16,7 ± 0,2	16,8 ± 0,2	16,7 ± 0,2	16,8 ± 0,2
Массовая доля влаги, %	25,71 ± 0,14	25,57 ± 0,10	25,71 ± 0,14	25,64 ± 0,16	30,11 ± 0,50	26,3 ± 0,20
Кислотность, °Т	180 ± 0,11	180 ± 0,11	192 ± 1,1	181 ± 1,1	227 ± 1,1	182 ± 1,0
КМАФАнМ, КОЕ/г	$1 \times 10^5$	$1 \times 10^5$	$1 \times 10^6$	$1 \times 10^6$	$1 \times 10^6$	$1 \times 10^6$
БГКП (колиформы)	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено
<i>S. aureus</i>	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено
Патогенные, в том числе сальмонеллы	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено
Дрожжи (Др), плесень (Пл), КОЕ/см <sup>3</sup>	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено	Др $1 \times 10^2$	Не обнаружено
Количество молочнокислых микроорганизмов КОЕ в 1 г	$2 \times 10^8$	$1 \times 10^9$	$2 \times 10^8$	$1 \times 10^9$	$1 \times 10^9$	$1 \times 10^9$

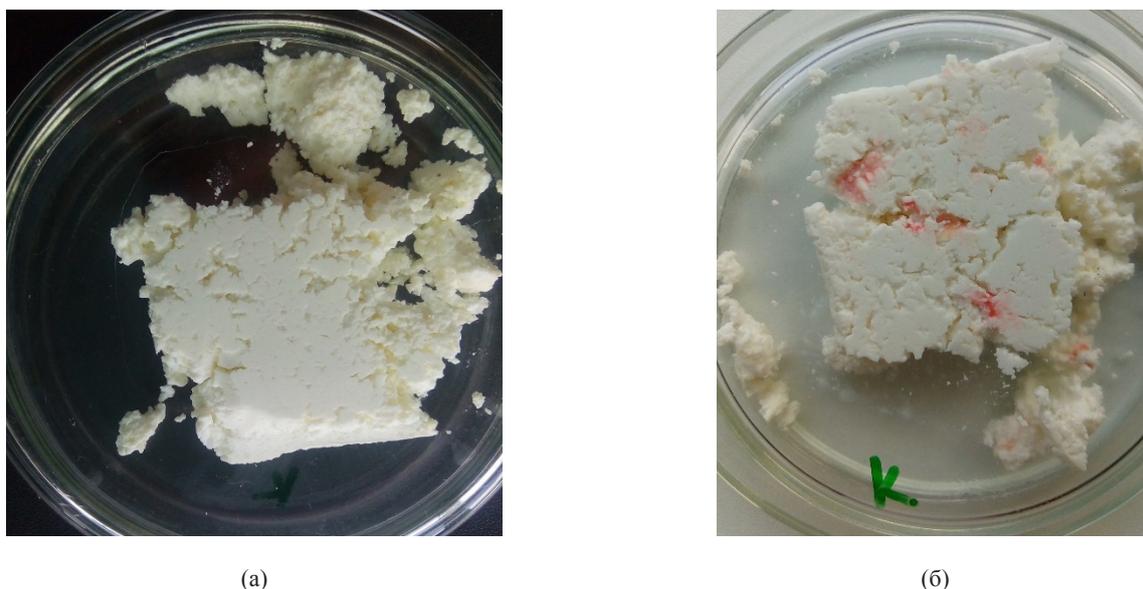


Рисунок 1 – Контрольная проба: (а) хранение 24 ч; (б) хранение более 168 ч  
Figure 1 – Control sample: (a) after 24 hours; (b) after more than 168 hours

стафилококков (*S. aureus*), дрожжей и плесневых грибов используют петрифилмы (ЗМ™ Petrifilm™), представляющие собой тест-пластины, которые состоят из подложки и покрывающей прозрачной пленки. Тест содержит питательную среду, водорастворимый гель, хромогенные субстраты, позволяющие выявить специфические биохимические активности соответствующих микроорганизмов, а также индикаторы, которые окрашивают колонии в характерный цвет (согласно методике [18]).

### Результаты и их обсуждение

Результаты определения основных компонентов

антибактериального препарата для увеличения продолжительности хранения кисломолочных продуктов показывают, что массовая доля действующего вещества (наночастиц серебра, меди и цинка) составляет 50,1 %, массовая доля воды составляет 11,2 %, массовая доля водорода перекиси составляет 1,0 %.

Для оценки эффективности действия антибактериального препарата с целью увеличения продолжительности хранения кисломолочных продуктов проводили анализ микробиологических свойств творога на ООО ИНПЦ «Иннотех». Творог изготавливали при соблюдении стерильных условий

Таблица 2 – Оценка основных показателей кисломолочного продукта, хранившегося в таре обработанной антибактериальным препаратом и контроль на 9, 11, 13 сутки

Table 2 – Evaluation of the main indicators of the fermented milk product stored in containers treated with the antimicrobial and control on days 9, 11, and 13

Наименование показателя	Проба		
	9 суток	11 суток	13 суток
Консистенция и внешний вид	Мягкая, рассыпчатая, однородная		Ослизлая консистенция, мягкая
Вкус и запах	Чистые, кисломолочные, без посторонних привкусов и запахов	Чистые, кисломолочные, без посторонних привкусов и запахов	Слабый кисловатый вкус
Цвет	Белый, равномерный по всей массе	Белый, равномерный по всей массе	Белый с серо-желтым оттенком
Массовая доля белка, %	16,7 ± 0,2	16,7 ± 0,3	15,4 ± 0,5
Массовая доля влаги, %	26,8 ± 0,2	27,0 ± 0,2	29,0 ± 0,7
Кислотность, °Т	185 ± 1,0	190 ± 1,0	218 ± 1,0
КМАФАнМ, КОЕ/г	1 × 10 <sup>6</sup>	1 × 10 <sup>6</sup>	1 × 10 <sup>7</sup>
БГКП (коли-формы)	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено
<i>S. aureus</i>	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено
Патогенные, в том числе сальмонеллы	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено
Дрожжи (Др), плесень (Пл), КОЕ/см <sup>3</sup>	Не обнаружено	Не обнаружено	Др 1 × 10 <sup>1</sup>
Количество молочнокислых микроорганизмов КОЕ в 1 г	1 × 10 <sup>8</sup>	1 × 10 <sup>8</sup>	1 × 10 <sup>6</sup>

по ГОСТ 52096-2003 «Творог. Технические условия». Готовый творог упаковывали по 50 г в заранее обработанную погружением в антибактериальный раствор полиэтиленовую тару и оставляли на хранение при температуре  $-4 \pm 1$  °С. Контрольная проба хранилась при таких же условиях [19]. Оценку качества и микробиологического состояния проводили на 3, 5, 7, 9, 11, 13 сутки (период обоснован условиями опыта и в соответствии с МУК 4.2.1847-04 [20]). Результаты исследования представлены в таблице 1.

На 5 сутки хранения контрольный образец приобрел частично мажущую консистенцию. Другие показатели остаются в пределах нормы, как и у экспериментальной пробы. Согласно санитарным требованиям продукт годен к употреблению.

По истечению 7 суток контрольный образец не отвечает требованиям по органолептическим показателям. Консистенция приобрела мажущую структуру, появился несвойственный продукту запах, кислотность приближается к предельному уровню. По микробиологическим показателям: количество полезных молочнокислых микроорганизмов уменьшилось, но были обнаружены дрожжи, что не допускается (ГОСТ 31453-2013).

На рисунке 1 представлен образец контроля первоначальный и на 7 сутки.

Далее, исследованиям подвергали только экспериментальные образцы на 9, 11, 13 сутки (табл. 2).

Результаты изучения динамики хранения кисломолочного продукта после обработки тары антибактериальным аппаратом на основе наночастиц серебра, меди и цинка показали, что исследуемый образец сохранил свои потребительские свойства в течение 13 суток, в отличие от контрольного образца.

#### **Выводы**

Установлено, что исследуемый образец творога сохранял свои потребительские свойства в течение 13 суток, тогда как контрольный образец на 7 сутки был уже непригоден к употреблению. Таким образом, при использовании исследуемого антибактериального препарата для обработки тары для хранения кисломолочных продуктов удалось повысить срок хранения кисломолочного продукта более чем на 5 суток.

#### **Конфликт интересов**

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### **Список литературы**

1. Weese, J. S. Assessment of laboratory and biosafety practices associated with bacterial culture in veterinary clinics / J. S. Weese, J. F. Prescott // *Journal of the American Veterinary Medical Association*. – 2009. – Vol. 234, no. 3. – P. 252–258.
2. Комплексное исследование акустической коагуляции мелкодисперсного аэрозоля / В. Н. Хмелев, А. В. Шалунов, Р. Н. Голых [и др.] // *Ползуновский вестник*. – 2010. – № 3. – С. 303–309.
3. Р 4.2.2643–10. Методы лабораторных исследований и испытаний дезинфекционных средств для оценки их эффективности и безопасности: руководство. – М. : Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2011. – 615 с.
4. Игуменцев, П. А. Применение наноструктурированных биоцидов серии «ВЕЛТ» на объектах ветнадзора / П. А. Игуменцев, М. С. Жирихина // *Дезинфекция. Антисептика*. – 2011. – № 1. – С. 42–47.
5. Грязнева, Т. Н. Перспективные инновационные проекты в ветеринарии / Т. Н. Грязнева, П. А. Игуменцев, М. С. Жирихина // *Ветеринарная медицина*. – 2011. – № 2. – С. 21–24.
6. Mechanical strength of bone allografts subjected to chemical sterilization and other terminal processing methods / M. M. Mikhael, P. M. Huddleston, M. E. Zobitz [et al.] // *Journal of Biomechanics*. – 2008. – Vol. 41, № 13. – P. 2816–2820. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2008.07.012>.
7. Афиногенов, Г. Е. Чашечный метод оценки эффективности дезинфектантов и антисептиков / Г. Е. Афиногенов. – СПб. : Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И. П. Павлова. – 2000. – С. 5–7.
8. Rozalyonok, T. A. A comparative study of antimicrobial activity of silver clusters against various microorganisms / T. A. Rozalyonok, Yu. Yu. Sidoren // *Science Evolution*. – 2016. – Vol. 1, № 2. – P. 85–91.
9. Розалёнок, Т. А. Сравнительная оценка биоцидных композиций на основе кластерного серебра / Т. А. Розалёнок // *Вестник биотехнологии и физико-химической биологии им. Ю. А. Овчинникова*. – 2016. – Т. 12, № 2. – С. 5–11.
10. Naber, J. Switching to sodium hypochlorite disinfection // *Water Environment & Technology* / J. Naber // *Alexandria*. – 2003. – Vol. 15, № 9. – P. 100.
11. Kimman, T. G. Evidence-based biosafety: a review of principles and effectiveness of microbiological containment measures / T. G. Kimman, E. Smit, M. R. Klein // *Clinical Microbiology Reviews*. – 2008. – Vol. 21, № 3. – P. 403–425. DOI: <https://doi.org/10.1128/CMR.00014-08>.
12. Розалёнок, Т. А. Использование кластерных композитов для придания пищевой упаковке антимикробных свойств / Т. А. Розалёнок, Ю. Ю. Сидорин // *Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов*. – 2016. – Т. 39, № 4. – С. 84–88.
13. Розалёнок, Т. А. Экологичные биоциды на основе композитов кластерного серебра для обработки бумаги/картона / Т. А. Розалёнок // *Сборник трудов Международного симпозиума «Инновации в пищевой биотехнологии» / Кемеровский Государственный Университет*. – Кемерово, 2018. – С. 490–494.
14. Патент 95224 Российская Федерация МПК: А 01 М 19 00. Устройство для дератизации / А. Г. Возмилов, Н. Г. Бахтырева, П. М. Михайлов [и др.] заявитель и патентообладатель Тюменская государственная сельскохозяйственная академия. – № 2010105726/22; заявл. 17.02.2010; опублик. 27.06.2010, Бюл. № 18.

15. Каштанов, А. В. Изучение фунгицидной активности метацида / А. В. Каштанов // Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии. – 2003. – № 115. – С. 237–241.
16. McDonnell, G. Antiseptics and Disinfectants: Activity, Action and Resistance / G. McDonnell, A. D. Russell // *Clinical Microbiology Reviews*. – 1999. – Vol. 12, № 1. – P. 147–179.
17. Мясенко, Д. М. Совершенствование технологии расфасовки молочной продукции путем обеззараживания потребительской тары импульсным ультрафиолетовым излучением : автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.04 / Мясенко Дмитрий Михайлович. – М., 2009. – 177 с.
18. МУК 4.2.2884–11. Методы микробиологического контроля объектов окружающей среды и пищевых продуктов с использованием петрифильмов: методические указания. – М. : Федеральный центр гигиены и эпидемиологии, 2011. – 24 с.
19. Corrosion inhibition of iron in acidic solutions by alkyl quaternary ammonium halides: Correlation between inhibition efficiency and molecular structure / L. Niu, H. Zhang, F. Wei [et al.] // *Applied Surface Science*. – 2005. – Vol. 252, №. 5. – P. 1634–1642. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2005.02.134>.
20. МУК 4.2.1847–04. Методы контроля. Биологические и микробиологические факторы. Санитарно-эпидемиологическая оценка обоснования сроков годности и условий хранения пищевых продуктов: методические указания. – М., 2004.

## References

1. Weese J.S. and Prescott J.F. Assessment of laboratory and biosafety practices associated with bacterial culture in veterinary clinics. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 2009, vol. 234, no. 3, pp. 252–258.
2. Khmelev V.N., Shalunov A.B., Golykh R.N., and Shalunova K.V. Kompleksnoe issledovanie akusticheskoy koagulyatsii melkodispersnogo aehrozolya [Complex study of acoustic coagulation of fine aerosol]. *Polzunovskiy vestnik*, 2010, no. 3, pp. 303–309. (In Russ.).
3. R 4.2.2643–10. *Metody laboratornykh issledovaniy i ispytaniy dezinfektsionnykh sredstv dlya otsenki ikh ehffektivnosti i bezopasnosti: rukovodstvo* [R 4.2.2643–10. A guide to the methods of laboratory research and testing of disinfectants to assess their effectiveness and safety]. Moscow: Federal Center of Hygiene and Epidemiology Publ., 2011. 615 p.
4. Igumenshev P.A. and Zhirikhina M.S. Primenenie nanostrukturirovannykh biotsidov serii “VELT” na ob"ektakh vetnadzora [Application of nanostructured biocides of the VELT series on veterinary inspection sites]. *Dezinfektsiya. Antiseptika* [Disinfection. Antiseptic], 2011, no. 1, pp. 42–47. (In Russ.).
5. Gryazneva T.N., Igumenshev P.A., and Zhirikhina M.S. Perspektivnyye innovatsionnye proekty v veterinarii [Promising innovative projects in veterinary medicine]. *Veterinary medicine*, 2011, no. 2, pp. 21–24. (In Russ.).
6. Mikhae M.M., Huddleston P.M., Zobitz M.E., et al. Mechanical strength of bone allografts subjected to chemical sterilization and other terminal processing methods. *Journal of Biomechanics*, 2008, vol. 41, no. 13, pp. 2816–2820. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2008.07.012>.
7. Afinogenov G.E. *Chashechnyy metod otsenki ehffektivnosti dezinfektantov i antiseptikov* [Cup method for evaluating the effectiveness of disinfectants and antiseptics]. St. Petersburg: I.P. Pavlov First Saint Petersburg State Medical University Publ., 2000. 5–7 p. (In Russ.).
8. Rozalyonok T.A. and Sidorin Yu.Yu. A comparative study of antimicrobial activity of silver clusters against various microorganisms. *Science Evolution*, 2016, vol. 1, no. 2, pp. 85–91.
9. Rozalyonok T.A. Comparative assessment of biocidal compositions on the basis of cluster silver. *Yu.A. Ovchinnikov bulletin of biotechnology and physical and chemical biology*, 2016, vol. 12, no. 2, pp. 5–11. (In Russ.).
10. Naber J. Switching to sodium hypochlorite disinfection 11 *Water Environment & Technology*. *Alexandria*, 2003, vol. 15, no. 9, pp. 100.
11. Kimman T.G., Smit E., and Klein M.R. Evidence-based biosafety: a review of principles and effectiveness of microbiological containment measures. *Clinical Microbiology Reviews*, 2008, vol. 21, no. 3, pp. 403–425. DOI: <https://doi.org/10.1128/CMR.00014-08>.
12. Rozalyonok T.A. and Sidorin Yu.Yu. The use of cluster composites to give food packaging antimicrobial properties. *Technology and merchandising of the innovative foodstuff*, 2016, vol. 39, no. 4, pp. 84–88. (In Russ.).
13. Rozalyonok T.A. Ekhologichnye biotsidy na osnove kompozitov klasternogo serebra dlya obrabotki bumagi/kartona [Eco-friendly biocides based on composites of cluster silver for paper and cardboard processing]. *Sbornik trudov Mezhdunarodnogo simpoziuma “Innovatsii v pishchevoy biotekhnologii”* [Collected Works of the International Symposium “Innovations in Food Biotechnology”]. Kemerovo, 2018, pp. 490–494.
14. Vozmilov A.G., Bakhtyreva N.G., Mikhaylov P.M., et al. *Ustroystvo dlya deratizatsii* [Device for disinfestation]. Patent RF, no. 95224, 2010.
15. Kashtanov A.V. Izuchenie fungitsidnoy aktivnosti metatsida. Problemy veterinarnoy sanitarii, gigieny i ehkologii [Study of the fungicidal activity of metacid. Problems of veterinary sanitation, hygiene, and ecology]. *Problemy Veterinarnoi Sanitarii, Gigieny i Ekologii*, 2003, no. 115, pp. 237–241. (In Russ.).
16. McDonnell G. and Russell A.D. Antiseptics and Disinfectants: Activity, Action and Resistance. *Clinical Microbiology Reviews*, 1999, vol. 12, no. 1, pp. 147–179.
17. Myalenko D.M. *Sovershenstvovanie tekhnologii rasfasovki molochnoy produktsii putem obezzarazhivaniya potrebitel'skoy tary impul'snym ul'trafiol'etovym izlucheniem*. Avtoref. diss. kand. tekhn. nauk [Improving the technology of dairy products packaging by disinfecting consumer packaging with pulsed ultraviolet radiation. Cand. eng. sci. thesis]. Moscow, 2009. 177 p.

18. MUK 4.2.2884–11. *Metody mikrobiologicheskogo kontrolya ob"ektov okruzhayushchey sredy i pishchevykh produktov s ispol'zovaniem petrifil'mov: metodicheskie ukazaniya* [MUK 4.2.2884-11. Methods of microbiological control of environmental objects and food by using petrifilms: guidelines]. Moscow: Federal Center of Hygiene and Epidemiology Publ., 2011. 24 p.

19. Niu L., Zhang H., Wei F., et al. Corrosion inhibition of iron in acidic solutions by alkyl quaternary ammonium halides: Correlation between inhibition efficiency and molecular structure. *Applied Surface Science*, 2005, vol. 252, no. 5, pp. 1634–1642. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2005.02.134>.

20. MUK 4.2.1847–04. *Metody kontrolya. Biologicheskie i mikrobiologicheskie faktory. Sanitarno-ehpidemiologicheskaya otsenka obosnovaniya srokov godnosti i usloviy khraneniya pishchevykh produktov: metodicheskie ukazaniya* [MUK 4.2.1847-04. Control methods. Biological and microbiological factors. Sanitary-epidemiological assessment of the justification of shelf-life and storage conditions of food products: guidelines]. Moscow, 2004.

**Сухих Станислав Алексеевич**

канд. тех. наук, доцент, старший научный сотрудник института живых систем, ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта», 236016, г. Калининград, ул. А. Невского, 14, тел: +7 (960) 903-62-81, e-mail: [stas-asp@mail.ru](mailto:stas-asp@mail.ru)  
 <http://orcid.org/0000-0001-7910-8388>

**Stanislav A. Sukhikh**

Cand.Sci.(Eng.), Associate professor, Senior Researcher of the Institute of Living Systems, Immanuel Kant Baltic Federal University, 14, A. Nevskogo Str., Kaliningrad, 236016, Russia, phone: +7 (960) 903-62-81, e-mail: [stas-asp@mail.ru](mailto:stas-asp@mail.ru)  
 <http://orcid.org/0000-0001-7910-8388>

**Лукин Андрей Андреевич**

аспирант кафедры бионанотехнологии, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, г. Кемерово, ул. Красная, 6

**Andrey A. Lukin**

Postgraduate Student of the Department of Bionanotechnology, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia

**Голубцова Юлия Владимировна**

д-р техн. наук, доцент кафедры бионанотехнологии, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, г. Кемерово, ул. Красная, 6

**Yuliya V. Golubtsova**

Dr.Sci.(Eng.), Associate professor of the Department of Bionanotechnology, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia

## Влияние различных технологических факторов на состав антоцианов при производстве вина из черной смородины

С. С. Макаров<sup>1,\*</sup> , С. Ю. Макаров<sup>1</sup> , А. Л. Панасюк<sup>2</sup> 

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Московский государственный университет технологий и управления имени К. Г. Разумовского (ПКУ)», 109004, Россия, г. Москва, ул. Земляной Вал, 73

<sup>2</sup> Всероссийский научно-исследовательский институт пивоваренной, безалкогольной и винодельческой промышленности, 119021, Россия, Москва, ул. Россолимо, 7

Дата поступления в редакцию: 31.01.2018  
Дата принятия в печать: 12.07.018

\*e-mail: mak210@yandex.ru



© С. С. Макаров, С. Ю. Макаров, А. Л. Панасюк, 2018

**Аннотация.** Антоцианы фруктового сырья обладают высокой биологической и антиоксидантной активностью. Это делает актуальными исследования, направленные на разработку технологических решений по их максимальному сохранению при производстве вин. Цель данной работы состоит в изучении изменения качественного и количественного состава антоцианов черной смородины в процессе производства вина с применением ферментативной мацерации мезги и определении наиболее эффективных способов повышения их концентрации в готовом продукте. Оценка суммарного содержания мономерных антоцианов проводили методом рН-дифференциальной спектрофотометрии. Для определения концентрации индивидуальных антоцианов использовали метод ВЭЖХ. Антиоксидантную активность определяли DPPH и ABTS методами. Мезгу черной смородины обрабатывали по четырем схемам: тепловая мацерация, тепловая мацерация в сочетании с обработкой различными ферментными препаратами, ферментативная мацерация при оптимальной температуре для действия ферментов, ферментативная мацерация при низкой температуре. В соке черной смородины идентифицировано 11 антоцианов, большинство из которых представляет собой гликозиды дельфинидина и цианидина. Наибольшее извлечение антоцианов отмечено при обработке мезги ферментным препаратом Фруктоцим Колор при температуре 22–23 °С в течение четырех часов. В результате ферментативной мацерации препаратом Фруктоцим Колор снижалась доля дельфинидинов и возрастала доля цианидинов в среднем на 9 %. Нагрев мезги до температуры 45 °С и выше приводил к интенсификации окислительно-восстановительных процессов и образованию нерастворимых комплексов антоцианов с азотистыми соединениями, в результате чего суммарная концентрация антоцианов снижалась. Показано, что в процессе брожения происходит уменьшение концентрации антоцианов на 19–58 % в зависимости от расы используемых дрожжей. Рекомендовано для брожения черносмородинового суслу использовать винные дрожжи рас Москва 30, Черносмородиновая 7 и UWY SP1. Отмечено усиление антиоксидантных свойств суслу и виноматериала из черной смородины при повышении суммарной концентрации антоцианов.

**Ключевые слова.** Качественный и количественный состав антоцианов, ферментативная мацерация, брожение, антиоксидантная активность

**Для цитирования:** Макаров, С. С. Влияние различных технологических факторов на состав антоцианов при производстве вина из черной смородины / С. С. Макаров, С. Ю. Макаров, А. Л. Панасюк // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 3. С. 72–80. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-3-72-80>.

Original article

Available online at <http://fptt.ru/>

## Influence of Various Technological Factors on the Composition of Anthocyanins in Black Currant Wine Production

S.S. Makarov<sup>1,\*</sup> , S.Yu. Makarov<sup>1</sup> , A.L. Panasyuk<sup>2</sup> 

<sup>1</sup> K.G. Razumovsky Moscow State University of technologies and management (the First Cossack University), 73, Zemlyanoy Val Str., Moscow, 109004, Russia

<sup>2</sup> All-Russian Scientific Research Institute of Brewing, Beverage and Wine Industry, 7, Rossolimo Str., Moscow, 119021, Russia

Received: January 31, 2018  
Accepted: July 12, 2018

\*e-mail: mak210@yandex.ru



© S.S. Makarov, S.Yu. Makarov, A.L. Panasyuk, 2018

**Abstract.** Anthocyanins obtained from raw fruit have valuable biological and antioxidant properties, hence the relevance of any research aimed at the development of technological solutions for their maximum preservation in wine. The present research features the changes in qualitative and quantitative composition of anthocyanins found in black currant during wine production with the use of enzymatic maceration of the pulp. The authors determined the most effective ways of increasing the concentration of anthocyanins in the finished product. They used the method of pH-differential spectrophotometry to evaluate the total content of monomeric anthocyanins in the samples and the HPLC method to determine the concentration of individual anthocyanins. The DPPH and ABTS methods were used to measure the antioxidant activity. The pulp of black currant was treated according to four schemes: 1) heat maceration; 2) heat maceration with enzymatic treatment; 3) enzymatic maceration at the optimum temperature for enzyme activity; 4) enzymatic maceration at a low temperature. Eleven anthocyanins were identified in the black currant juice, most of which were glycosides of delphinidin and cyanidin. The highest extraction of anthocyanins was observed when the pulp was processed with the help of Fructozim Kolor enzyme preparation at 22–23°C during four hours. As a result, the proportion of delphinidins decreased while the proportion of cyanidins rose by 9%. When the pulp was heated to  $\geq 45^\circ\text{C}$ , it led to an intensification of the redox process and formation of insoluble complexes of anthocyanins with the nitrogenous compounds, which reduced the total concentration of anthocyanins. It was established that in the process of fermentation, the anthocyanin concentration decreased by 19–58%, depending on the race of yeast. For fermentation of blackcurrant wort, the authors recommend the following races of yeast: Moscow 30, Blackcurrant 7, and UWY SP1. The research revealed that the antioxidant properties of black currant wort and wine increased when the total concentration of anthocyanins was high.

**Keywords.** Qualitative and quantitative composition of anthocyanins, enzymatic maceration, fermentation, antioxidant activity

**For citation:** Makarov S.S., Makarov S.Yu., Panasyuk A.L. Influence of Various Technological Factors on the Composition of Anthocyanins in Black Currant Wine Production. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2018, vol. 48, no. 3, pp. 72–80. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-3-72-80>.

### Введение

В настоящее время в России растет интерес к винам, произведенным из ягодного сырья. Популярностью среди потребителей пользуются вина из черной смородины, что обосновано их биохимическим составом. Ягоды черной смородины богаты большим количеством полезных для здоровья человека веществ, таких как аскорбиновая кислота (витамин С), растворимая клетчатка и флавоноиды [1, 2]. Принадлежащие к классу флавоноидов антоцианы (антоцианины) обнаружены как в мякоти, так и в кожее ягод черной смородины, и в значительном количестве содержатся в черносмородиновом вине [3–6]. Они представляют собой гликозиды антоцианидинов, характеризующихся основной структурой  $\text{C}_6\text{-C}_3\text{-C}_6$  и состоящие из типичных бензильного кольца (А) и кольца гидроксикоричной структуры (В). В растениях идентифицировано более 4000 флавоноидов. Из них приблизительно в шестистах установлено, что они имеют антоцианиновую структуру. Антоцианы отвечают за красный, синий и фиолетовый цвет фруктов и цветов, благодаря чему выделенные из растений антоцианы широко используются в пищевой промышленности в качестве натуральных красителей. Кроме того, антоцианы обладают широким спектром биологических активностей. Установлено, что антоцианы оказывают значительный положительный эффект на здоровье человека за счет высокой поглотительной способности к свободным радикалам [7]. В ряде работ описаны антиоксидантная активность и способность поглощать свободные радикалы, противовоспалительное действие, антимуtagenные и антиканцерогенные свойства этих соединений [8–12]. В связи с этим при производстве вина из фруктов и ягод, в том числе из черной смородины, приоритетной является задача максимального извлечения и сохранения антоцианов сырья на всех технологических этапах.

Имеющиеся в научно-технической литературе материалы, касающиеся вопросов переработки ягод черной смородины, посвящены проблеме извлечения соков из свежего и замороженного сырья. В частности, было показано, что обработка черносмородиновой мезги ферментными препаратами с выраженной полигалактуроназной активностью, даже в минимальной дозировке (1 ПгА/1 г сырья), значительно повышала выход сока и концентрацию антоцианов на 58 %, по сравнению с контролем (без обработки) [13]. Также установлено, что состояние и профиль антоцианов сильно зависят от присутствия в используемом ферментном препарате глюкозидазной активности. Как известно, действие глюкозидаз приводит к гидролизу отдельных антоцианов до соответствующих агликонов, которые обладают меньшей стабильностью, чем гликозиды, что негативно сказывается на окраске сока и его биологической ценности [13].

В работах, посвященных вопросам использования ферментативного катализа при производстве вин из фруктового и ягодного сырья, показано положительное влияние применения отечественных и импортных ферментных препаратов на выход и качественные характеристики фруктовых вин [14, 15]. Установлено, что использование ферментных препаратов пектолитического действия при определенных режимах обеспечивает получение вин с большим содержанием биологически ценных веществ, обуславливающих их высокую антиоксидантную активность [16, 17].

Исследования, связанные с изучением аспектов сохранения природных антоцианов сырья и разработки технологических решений, обеспечивающих повышение биологической ценности вин из черной смородины, в нашей стране не проводились.

Цель данной работы состоит в изучении изменения качественного и количественного состава

антоцианов сока черной смородины в процессе производства вина с применением ферментативной мацерации мезги и определении наиболее эффективных способов повышения их концентрации в готовом продукте.

#### Объекты и методы исследования

В качестве объектов исследования использовали: – свежие плоды черной смородины сорта Сударушка, собранные в Ленинском районе Московской области, урожая 2017 г.; – черносмородиновое сусло, полученное из мезги, обработанной различными ферментными препаратами (ФП) и мультинзимальными композициями (МЭК); – фруктовый столовый виноматериал из черной смородины, полученный в результате брожения на разных расах дрожжей.

Для получения сусла мезгу черной смородины обрабатывали в лабораторных условиях по следующим схемам:

Контроль – извлечение сока из мезги без обработки (К).

Тепловая мацерация мезги при 80–85 °С в течение 5 минут – образец 1.

Тепловая мацерация мезги при 80–85 °С в течение 5 минут, обработка ФП в течение 2 часов при 45–50 °С – образец 2 : 2.1 – обработка ФП Фруктоцим Колор; 2.2 – обработка ФП Вегазим ХЦ; 2.3 – обработка МЭК.

Обработка ФП в течение 2 часов при 45–50 °С – образец 3 : 3.1 – обработка ФП Фруктоцим Колор; 3.2 – обработка ФП Вегазим ХЦ; 3.3 – обработка МЭК.

Обработка ФП при температуре 22–23 °С в течение 4 часов – образец 4 : 4.1 – обработка ФП Фруктоцим Колор; 4.2 – обработка ФП Вегазим ХЦ; 4.3 – обработка МЭК.

Ферментативную мацерацию мезги осуществляли комплексами препаратами с выраженной пектиностеразной активностью – Фруктоцим Колор (ФК) (20,8 едА/г) и с преобладающей целлюлолитической и гемицеллюлазной активностью – Вегазим ХЦ (ВХЦ) (2000 едА/г) («Erbisloeh Geisenheim AG», Германия). Состав МЭК: Фруктоцим Колор + Вегазим ХЦ в соотношении 2:1 (по основной активности). Дозировка ферментов: при температуре 45–50 °С – 0,05 % от веса сырья; при температуре 22–23 °С – 0,1 % от веса сырья.

Для предотвращения развития посторонней микрофлоры и ингибирования оксидаз мезгу предварительно сульфитировали из расчета 100 мг SO<sub>2</sub> на 1 кг сырья. После обработки все образцы подготовленной мезги охлаждали до 20–22 °С, отделяли сок на лабораторном прессе и определяли качественный и количественный состав антоцианов.

Брожение сусла проводили на мезге при температуре 23–25 °С с использованием различных рас дрожжей рода *Saccharomyces*: чистые культуры дрожжей – Черносмородиновая 7, К-17, Москва 30 и активные сухие дрожжи (АСД) – «Red Fruit» (Италия), UWY SP1 (Великобритания), LW 317-29 («Oenoferm Rug», Германия). После окончания брожения

отделяли полученный фруктовый виноматериал от мезги, осветляли отстаиванием, фильтровали через мембранный фильтр с размером пор 0,45 мкм.

Оценку суммарного содержания мономерных антоцианов в исследуемых образцах проводили методом рН-дифференциальной спектрофотометрии по ГОСТ 32709-2014. Для анализа использовал спектрофотометр Shimadzu 1800 с диапазоном длин волн 190–1100 нм.

Профиль антоцианов определяли методом ВЭЖХ с диодно-матричным спектрофотометрическим (ДМД) и времяпролетным масс-спектрометрическим (МС) детектором. Исследование проводили с помощью системы жидкостной хроматографии Agilent 1100, оснащенной дегазатором, бинарным насосом, термостатируемым автосамплером, термостатом колонок, а также ДМД и МС-детектором Agilent 6200 TOF/LC-MS. Для подтверждения профиля антоцианов в соках и фруктовом виноматериале была модифицирована ранее разработанная методика [18].

Способность биологически активных компонентов, содержащихся в исследуемых образцах, гасить свободные радикалы оценивалась в DPPH-тесте *in vitro* [19] и ABTS методом. В первом случае пробоподготовка осуществлялась следующим образом: аликвоты анализируемых образцов добавляли в раствор DPPH• без предварительного разведения. Анализ проводили на спектрофотометре Shimadzu 1800 с диапазоном длин волн 190–1100 нм. В качестве стандартного антиоксиданта использовался Тролокс (6-гидрокси-2,5,7,8-тетраметилхроман-2-карбоновая кислота). Антиоксидантная активность выражалась в степени ингибирования DPPH• радикала и Тролокс-эквиваленте (ТЭ) в мг/дм<sup>3</sup>. Для определения антиоксидантной активности методом ABTS, основанном на обесцвечивании катион-радикала ABTS<sup>+</sup>, предварительно полученного путем окисления ABTS [2,2'-азино-бис(3-этилбензотиазолин-6-сульфоновой кислоты)] персульфитом калия, использовали спектрофотометр Shimadzu uv-1600. Рабочая длина волны – 734 нм [20].

Определение всех показателей проводили в 3–5 повторностях. Обработка экспериментальных данных осуществлялась с использованием методов математической статистики. Для расчета коэффициентов парной корреляции использовали программу Excel 2010 Microsoft Office.

#### Результаты и их обсуждение

Работа состояла из нескольких этапов. На первом этапе был изучен качественный и количественный состав антоцианов сока черной смородины. В соке черной смородины идентифицировано 11 антоцианов, большинство из которых представляет собой гликозиды дельфинидина и цианидина (табл. 1). Согласно полученным данным, в соке прямого отжима преобладали соединения дельфинидина, которые составляли 51 % от суммы всех антоцианов. Причем дельфинидин-3-рутинозид и дельфинидин-3-глюкозид содержались в соотношении 3,9:1. Доля цианидинов составляла 46 %. Агликоны дельфинидина и цианидина содержались

Таблица 1 – Идентификация антоцианов в черносмородиновых соках по времени удерживания, максимуму поглощения, массы и соответствующих им ионов

Table 1 – Identification of anthocyanins in blackcurrant juices according to retention time, absorption maximum, mass, and corresponding ions

Наименование соединения	Время удерживания, мин Rt ( $\pm 0.2$ )	UV/Vis max, нм ( $\pm 2$ нм)	m/z	Детектируемый ион
Дельфинидин-3-глюкозид	11,3	276, 525	465,11	[M] <sup>+</sup>
			303,05	[M – глюкоза*] <sup>+</sup>
Дельфинидин-3-рутинозид	12,0	276, 525	611,17	[M] <sup>+</sup>
			465,11	[M – рамноза] <sup>+</sup>
			303,05	[M – рутиноза] <sup>+</sup>
Цианидин-3-глюкозид	16,2	280, 516	449,12	[M] <sup>+</sup>
			287,06	[M – глюкоза] <sup>+</sup>
Цианидин-3-рутинозид	17,3	280, 518	595,18	[M] <sup>+</sup>
			449,12	[M – рамноза] <sup>+</sup>
			287,06	[M – рутиноза] <sup>+</sup>
Петунидин-3-рутинозид	18,9	280, 532	625,19	[M] <sup>+</sup>
			479,13	[M – рамноза] <sup>+</sup>
			317,12	[M – рутиноза] <sup>+</sup>
Пеларгонидин-3-глюкозид	19,7	278, 500	433,13	[M] <sup>+</sup>
			271,05	[M – глюкоза] <sup>+</sup>
Дельфинидин	21,5	276, 530	303,05	[M] <sup>+</sup>
Пеонидин-3-рутинозид	22,1	280, 518	609,18	[M] <sup>+</sup>
			463,12	[M – рамноза] <sup>+</sup>
			301,08	[M – рутиноза] <sup>+</sup>
Цианидин	26,1	280, 527	287,06	[M] <sup>+</sup>
Цианидин-3-(кофеоилглюкозид)	29,4	280, 325, 515	611,15	[M] <sup>+</sup>
			287,06	[M – кофеоилглюкоза] <sup>+</sup>
Дельфинидин-3-(п-кумароилглюкозид)	30,8	276, 310, 525	611,15	[M] <sup>+</sup>
			303,05	[M – п-кумароилглюкоза] <sup>+</sup>

\*Здесь: остаток моно- или дисахарида минус 18 Да (молекула воды, образующаяся в реакции гликозилирования антоцианидинов)

\* Here: the residue of a mono- or disaccharide minus 18 Da (a water molecule formed in the glycosylation reaction of anthocyanidins)

в свежем соке в количестве 0,2 и 0,4 % от суммы всех антоцианов.

Результаты исследований суммарного содержания антоцианов и концентрации индивидуальных соединений в черносмородиновом соке и сусле, полученном с использованием различных способов мацерации, показали, что кратковременный нагрев мезги в процессе мацерации приводил к увеличению концентрации антоцианов почти в 2 раза по сравнению с контролем, что обусловлено термическим разрушением клеточных стенок плодовой мякоти (табл. 2). В образцах черносмородинового сусли из ферментированной мезги, в зависимости от используемого ферментного препарата, концентрация антоцианов возрастала на 14–27 %. Более высокая концентрация антоцианов была отмечена в образцах сусли 2.1, 3.1, 4.1 после обработки мезги препаратом Фруктоцим Колор с выраженной пектинэстеразной активностью. В образцах 2.2, 3.2 и 4.2 из мезги, обработанной препаратом Вегазим ХЦ, концентрация антоцианов была ниже на 15–24 %. При этом необходимо отметить, что выход сока-самотека в этих образцах был выше в среднем на 4–5 %. Введение гемицеллюлазного ферментного препарата Вегазим ХЦ в состав МЭК также привело к снижению концентрации антоцианов в жидкой фракции (сусле) на 9–15 % (образцы 2.3, 3.3, 4.3). Полученный

эффект от использования ФП Вегазим ХЦ обусловлен наличием в этом препарате  $\beta$ -глюкозидазной активности, что привело к частичному разрушению глюкозидов до их нестойких агликонов (табл. 2).

Максимальное в эксперименте извлечение антоцианов из мезги в сок наблюдалось в образце 4.1 (обработка ферментным препаратом Фруктоцим Колор при температуре 22–23 °С в течение 4 часов). Данный факт связан с тем, что повышение концентрации ФП и увеличение продолжительности ферментативной мацерации приводит к более глубокому гидролизу пектиновых веществ, что обеспечивает дополнительное извлечение антоцианов.

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о том, что на извлечение антоцианов из мезги черной смородины в значительной степени оказывают влияние ферменты, разрушающие пектиновые вещества ягоды. Определяющими факторами являются концентрация ферментов и продолжительность воздействия. Проведение мацерации мезги при температуре 45–50 °С вероятно, приводит к интенсификации окислительно-восстановительных ферментативных процессов и образованию нерастворимых комплексов антоцианов с азотистыми соединениями, в результате чего суммарная концентрация мономерных антоцианов в этих образцах оказалась меньше.

Таблица 2 – Изменение качественного и количественного состава антоцианов черносмородинового сока при ферментативной мацерации мезги  
 Table 2 – The changes in the qualitative and quantitative composition of anthocyanins in blackcurrant juice during enzymatic maceration of the pulp

Массовая концентрация антоцианов, мг/дм <sup>3</sup>	Наименование образца										
	Контроль	1	2.1	2.2	2.3	3.1	3.2	3.3	4.1	4.2	4.3
Дельфинидин-3-глюкозид	36 ± 3,6	62 ± 4,5	106 ± 7,7	87 ± 6,5	92 ± 6,5	154 ± 10,9	125 ± 9,1	137 ± 9,8	170 ± 12,2	116 ± 8,7	143 ± 10,3
Дельфинидин-3-рутинозид	139 ± 9,7	321 ± 25,3	354 ± 26,2	315 ± 22,7	337 ± 24,3	517 ± 37,2	445 ± 31,6	477 ± 28,3	567 ± 41,0	476 ± 28,5	500 ± 35,5
Цианидин-3-глюкозид	41 ± 3,0	48 ± 3,6	193 ± 14,1	143 ± 10,4	163 ± 11,6	280 ± 20,2	173 ± 12,6	215 ± 15,7	308 ± 21,8	175 ± 12,3	226 ± 16,0
Цианидин-3-рутинозид	116 ± 8,1	274 ± 19,5	365 ± 28,1	318 ± 22,3	332 ± 26,7	585 ± 41,5	482 ± 33,7	533 ± 37,8	649 ± 45,4	507 ± 33,1	559 ± 40,2
Петунгидин-3-рутинозид	6 ± 0,5	8 ± 1,0	16,2 ± 1,2	15,3 ± 1,3	15,5 ± 1,1	20,5 ± 1,6	21,5 ± 1,8	21,1 ± 1,7	22,5 ± 1,6	18,6 ± 1,3	22,1 ± 1,7
Пеларгонидин-3-глюкозид	1,4 ± 0,3	2,7 ± 0,2	3,4 ± 0,3	2,8 ± 0,2	3,0 ± 0,5	4,7 ± 0,5	7,5 ± 0,7	7,0 ± 0,6	5,2 ± 0,4	4,6 ± 0,5	7,4 ± 0,6
Дельфинидин	0,7 ± 0,1	не обнаружен	не обнаружен	не обнаружен	следы	не обнаружен	1,3 ± 0,2	1,4 ± 0,1	следы	следы	1,5 ± 0,1
Пеонидин-3-рутинозид	2,1 ± 0,5	5,3 ± 0,4	7,2 ± 0,6	6,3 ± 0,4	6,8 ± 1,1	9,5 ± 1,0	7,6 ± 1,2	8,4 ± 0,8	10,4 ± 0,8	7,7 ± 1,2	8,9 ± 0,7
Цианидин	1,4 ± 0,4	1,2 ± 0,1	следы	следы	1,5 ± 0,4	не обнаружен	2,5 ± 0,2	0,7 ± 0,2	не обнаружен	2,1 ± 0,5	3,0 ± 0,2
Цианидин-3-(кофеилглюкозид)	2,1 ± 0,6	1,2 ± 0,3	1,6 ± 0,5	1,4 ± 0,5	1,4 ± 0,5	3,1 ± 0,4	2,5 ± 0,2	2,8 ± 0,4	3,5 ± 0,3	1,8 ± 0,5	3,0 ± 0,3
Дельфинидин-3-(п-кумарилглюкозид)	1,0 ± 0,5	0,5 ± 0,2	1,3 ± 0,4	0,8 ± 0,3	1,0 ± 0,3	1,6 ± 0,5	1,3 ± 0,3	1,4 ± 0,5	1,7 ± 0,4	1,2 ± 0,3	1,5 ± 0,2
Сумма антоцианов	346 ± 35	767 ± 56	1048 ± 75	890 ± 65	953 ± 69	1575 ± 115	1269 ± 94	1405 ± 101	1730 ± 121	1310 ± 99	1475 ± 103

Анализ данных, полученных с использованием ВЭЖХ-МС, продемонстрировал, что в зависимости от применяемого способа обработки мезги изменялось соотношение отдельных антоцианов. Было установлено, что ферментативная мацерация препаратом Фруктоцим Колор привела к уменьшению доли дельфинидинов и увеличению доли цианидинов в черносмородиновом сусле в среднем на 9 %. Необходимо отметить, что в образцах суслу, полученных из ферментированной этим препаратом мезги, практически отсутствовали агликоны, что является положительным фактором с точки зрения сохранения цветовых характеристик и вкусового восприятия конечного продукта.

Следующий этап исследований был посвящен изучению изменений антоцианов в процессе брожения. Сбраживанию подвергали образец суслу 4.1 (обработка ФП при температуре 22–23 °С), содержащий наибольшую концентрацию антоцианов. Данные, представленные в таблице 3, свидетельствуют о том, что в результате брожения и в зависимости от расы использованных дрожжей, суммарное содержание антоцианов в виноматериале из черной смородины, по сравнению с суслем, снижалось с 19 % (дрожжи UWY SP1) до 58 % (дрожжи «Red Fruit»). Данный факт связан с адсорбцией части антоцианов дрожжевыми клетками. Можно предположить, что, чем больше дрожжей накапливается в сусле в процессе брожения, тем интенсивнее антоцианы сорбируются дрожжевыми клетками. Сорбционная способность дрожжей также может являться физиологической особенностью используемой расы [21].

При оценке количественного содержания индивидуальных антоцианов в опытных образцах виноматериалов отмечена более высокая доля цианидинов (51–52 %), по сравнению с дельфинидинами, доля которых составляла от 46 до 47 %. При использовании для сбраживания черносмородинового суслу расы UWY SP1 в виноматериале была отмечена максимальная концентрация антоцианов. Доля дельфинидинов в этом образце составляла 47 %, а цианидинов – 51 %. Из отечественных рас винных дрожжей лучшей оказалась Москва 30. При использовании этой расы снижение концентрации антоцианов по отношению к их содержанию в сусле составило около 26 %. Напротив, при использовании для брожения рас LW 317-29 и «Red Fruit» концентрация антоцианов уменьшилась на 48 и 58 %.

Таким образом, установлено, что в процессе брожения черносмородинового суслу происходит снижение общего содержания антоцианов, величина которого зависит от расы дрожжей. Причем, в большей степени в результате брожения уменьшается концентрация дельфинидинов, в результате чего в виноматериале преобладают цианидины.

При изучении взаимосвязи концентрации антоцианов и антиоксидантной активности обработанных соков и виноматериалов из черной смородины были использованы два наиболее часто применяемых метода определения антиоксидантной активности пищевых продуктов. Считается, что применение нескольких методов позволяет получить наиболее исчерпывающие данные [22]. Анализ значений величины антиоксидантной активности, представленных в таблице 3, показал,

Таблица 3 – Влияние расы дрожжей на суммарное содержание и профиль антоцианов в виноматериалах из черной смородины

Table 3 – The effect of the yeast race on the total content and profile of anthocyanins in black currant wine materials

Состав антоцианов	Используемая раса дрожжей					
	Черносмородиновая 7	К-17	Москва 30	«Red Frut»	UWY SP1	LW 317-29
Сумма антоцианов, мг/дм <sup>3</sup>	1080 ± 94,0	883 ± 88,3	1281 ± 77,6	725 ± 72,5	1408 ± 98,5	893 ± 89,3
Относительное содержание индивидуальных антоцианов, %						
Дельфинидин-3-глюкозид	11,1	11,2	11,3	11,0	11,2	10,8
Дельфинидин-3-рутинозид	35,0	35,0	34,8	35,6	35,5	35,5
Цианидин-3-глюкозид	16,8	16,7	16,9	16,1	16,0	15,7
Цианидин-3-рутинозид	34,7	34,4	34,5	35,0	34,8	35,6
Петунидин-3-рутинозид	1,3	1,4	1,3	1,2	1,3	1,3
Пеларгонидин-3-глюкозид	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3	0,2
Дельфинидин	следы	следы	следы	следы	следы	следы
Пеонидин-3-рутинозид	0,6	0,6	0,6	0,5	0,6	0,6
Цианидин	следы	следы	следы	следы	следы	следы
Цианидин-3-(кофеилглюкозид)	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Дельфинидин-3-(п-кумароилглюкозид)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

Таблица 4 – Антиоксидантная активность черносмородинового сусле и виноматериала, определенная с использованием разных методов

Table 4 – The antioxidant activity of blackcurrant wort and wine material as determined by different methods

Варианты эксперимента	Метод DPPH		Метод ABTS
	% ингибирования	ТЭ, мг/дм <sup>3</sup>	ТЭ, ммоль/дм <sup>3</sup>
Сусло			
Контроль	71,55	1850	24,5
1	74,33	1972	25,3
2.1	81,71	2138	26,8
2.2	82,42	2261	27,9
2.3	81,93	2213	27,6
3.1	88,71	2297	34,7
3.2	85,47	2204	26,5
3.3	87,13	2267	32,8
4.1	93,15	2414	40,5
4.2	93,21	2419	41,9
4.3	93,42	2421	42,3
Виноматериал			
Черносмородиновая 7	91,40	2368	41,5
К-17	88,24	2286	34,7
Москва 30	91,75	2377	32,9
«Red Frut»	88,24	2286	27,5
UWY SP1	91,83	2380	28,4
LW 317-29	84,55	2189	40,8

что поглотительная способность к свободным радикалам, определенная методами DPPH и ABTS, возрастает при ферментативной мацерации мезги и снижается при брожении. Установлено, что эти изменения зависят как от способа мацерации, так и от расы дрожжей.

В результате математической обработки полученных данных установлено, что метод DPPH более чувствителен к изменению концентрации антоцианов ( $R_1 = 0,729$ ), чем метод

ABTS ( $R_2 = 0,420$ ). В целом, можно сделать заключение о существовании корреляционной зависимости между суммарным содержанием антоцианов и антиоксидантной активностью исследуемых образцов сусле и виноматериала. Относительно невысокие значения коэффициентов парной корреляции между концентрацией антоцианов и антиоксидантной активностью опытных образцов, оцененной двумя методами, свидетельствуют о том, что антиоксидантные свойства продукта определяются не только антоцианами, но и другими биологически активными компонентами, включая полифенолы, гидроксидинаматы, каротиноиды и витамины.

### Выводы

На основании полученных экспериментальных данных установлено, что суммарное содержание антоцианов, а также качественный и количественный состав гликозидов дельфинидина и цианидина черной смородины изменяется в мацерации мезги и при брожении. На состав и соотношение антоцианов влияет ферментативная мацерация мезги. Использование ферментного препарата Фруктоцим Колор с выраженной пектинэстеразной активностью позволяет повысить концентрацию антоцианов в сусле на 27 %. С целью сохранения в черносмородиновом виноматериале высокой концентрации антоцианов рекомендуется использовать для брожения сусле расы винных дрожжей Москва 30, Черносмородиновая 7 и UWY SP1.

### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### Финансирование

Исследования проведены за счет средств Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет технологий и управления имени К. Г. Разумовского (ПКУ)».

### Список литературы

1. Причко, Т. Г. Химический состав ягод черной смородины, произрастающей на юге России / Т. Г. Причко, М. Г. Германова // *Сельскохозяйственные науки и агропромышленный комплекс на рубеже веков*. – 2014. – № 5. – С. 93–96.
2. Жбанова, Е. В. Изменчивость химического состава плодов черной смородины в разных регионах / Е. В. Жбанова // *Аграрная Россия*. – 2012. – № 1. – С. 10–13.
3. ВЭЖХ в контроле антоцианового состава плодов черной смородины / Л. А. Дейнека, Е. И. Шапошник, И. А. Гостищев [и др.] // *Сорбционные и хроматографические процессы*. – 2009. – Т.9, № 4. – С. 529–536.
4. Separation, Characterization and Quantification of Phenolic Compounds in Blueberries and Red and Black Currants by HPLC-DAD-ESI-MS<sup>n</sup> / V. Gavrilova M. Kajdžanoska, V. Gjamovski [et al.] // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. – 2011. – Vol. 59, № 8. – P. 4009–4018. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf104565y>.
5. Czyzowska, A. Canges to polyphenols in the production of must and wines from blackcurrants and cherries. Part II. Anthocyanins and flavanols / A. Czyzowska, E. Pogorzelski // *European Food Research and Technology*. – 2004. – Vol. 218, № 4. – P. 355–359. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00217-003-0857-2>.
6. Антоцианы окрашенных фруктов и ягод и приготовленных из них плодовых виноматериалов / А. Л. Панасюк, Е. И. Кузьмина, Л. И. Розина [и др.] // *Виноделие и виноградарство*. – 2016. – № 5. – С. 15–19.
7. Wang, H. Oxygen Radical Absorbing Capacity of Anthocyanins / H. Wang, G. Cao, R. L. Prior // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. – 1997. – Vol. 45, № 2. – P. 304–309. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf960421t>.
8. Clifford, M. N. Anthocyanins – nature, occurrence and dietary burden / M. N. Clifford // *Journal of the Science of Food and Agriculture*. – 2000. – Vol. 80, № 7. – P. 1063–1072. DOI: [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0010\(20000515\)80:7<1063::AID-JSFA605>3.0.CO;2-Q](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0010(20000515)80:7<1063::AID-JSFA605>3.0.CO;2-Q).
9. Analysis and biological activities of anthocyanins / J. M. Kong, L. S. Chia, N. K. Goh [et al.] // *Phytochemistry*. – 2003. – Vol. 64, № 5. – P. 923–933. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(03\)00438-2](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(03)00438-2).
10. Hou, D. X. Potential mechanisms of cancer chemoprevention by anthocyanins / D. X. Hou // *Current Molecular Medicine*. – 2003. – Vol. 3, № 2. – P. 149–159. DOI: <https://doi.org/10.2174/1566524033361555>.
11. Lila, M. A. Anthocyanins and human health: an in vitro investigative approach / M. A. Lila // *Journal of Biomedicine and Biotechnology*. – 2004. – Vol. 2004, № 5. – P. 306–313. DOI: <https://doi.org/10.1155/S111072430440401X>.
12. Функции и свойства антоцианов растительного сырья / А. М. Макаревич, А. Г. Шутова, Е. В. Спиридович [и др.] // *Труды Белорусского государственного университета*. – 2009. – Т. 4 (ч. 2). – С. 147–157.
13. Effect of pectinolytic juice production on the extractability and fate of bilberry and black currant anthocyanins / J. M. Koponen, J. Buchert, K. S. Poutanen [et al.] // *European Food Research and Technology*. – 2008. – Vol. 227, № 2. – P. 485–494. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00217-007-0745-2>.
14. Эффективность поликанесцина при производстве сливовых сброженно-спиртованных виноматериалов / А. Л. Панасюк, А. Е. Липецкая, Л. И. Розина [и др.] // *Виноделие и виноградарство*. – 2007. – № 5. – С. 12–15.
15. Гнетько, Л. В. Ферментные препараты группы Фруктоцим / Л. В. Гнетько, Т. А. Белявцева, Н. М. Агеева // *Виноделие и виноградарство*. – 2010. – № 3. – С. 7–9.
16. Технологические аспекты получения высококачественных плодовых вин с высокой антиоксидантной активностью / А. Л. Панасюк, Е. И. Кузьмина, С. Л. Славская [и др.] // *Новации и эффективность производственных процессов в виноградарстве и виноделии : сборник трудов конференции / Северо-Кавказский зональный научно-исследовательский институт садоводства и виноградарства*. – Краснодар, 2005. – Т. 2. – С. 151–154.
17. Режимы обработки мезги для приготовления вин из черноплодной рябины / А. Л. Панасюк, Е. И. Кузьмина, С. Л. Славская [и др.] // *Виноделие и виноградарство*. – 2006. – № 2. – С. 14–15.
18. Биологически активные вещества плодов калины обыкновенной / И. Б. Перова, А. А. Жогова, А. В. Черкашин [и др.] // *Химико-фармацевтический журнал*. – 2014. – Т. 48, № 5. – С. 32–39.
19. Bondent, V. Kinetics and mechanisms of antioxidant activity using the DPPH• free radical method / V. Bondent, W. Brand-Williams, C. Berset // *Journal of Food Science and Technology*. – 1997. – № 30. – P. 609–615.
20. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay / R. Re, N. Pellegrini, A. Proteggente [et al.] // *Free Radical Biology and Medicine*. – 1999. – Vol. 26, № 9–10. – P. 1231–1237. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0891-5849\(98\)00315-3](https://doi.org/10.1016/S0891-5849(98)00315-3).
21. Vilanova, M. Influence of *Saccharomyces cerevisiae* strains on general composition and sensorial properties of white wines made from *Vitis vinifera* cv. “Alb-arino” / M. Vilanova, I. Masneuf-Pomarede, D. Dobourdiou // *Food Technology and Biotechnology*. – 2005. – Vol. 43, № 1. – P. 79–83.
22. Influence of enological practices on the antioxidant activity of wines / D. Vilaño, M. S. Fernández-Pachón, A. M. Troncoso [et al.] // *Food Chemistry*. – 2006. – Vol. 95, № 3. – P. 394–404. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.01.005>.

### References

1. Prichko T.G. and Germanova M.G. Khimicheskiy sostav yagod chernoy smorodiny, proizrastayushchey na yuge Rossii [The chemical composition of black currant from the South of Russia]. *Sel'skokhozyaystvennyye nauki i agropromyshlennyy kompleks na rubezhe vekov* [Agricultural Sciences and the Agro-Industrial Complex at the Turn of the Century], 2014, no. 5, pp. 93–96. (In Russ.).

2. Zhbanova E.V. Variability of Chemical Composition of Black Currant Fruit in Various Regions. *Agrarian Russia*, 2012, no. 1, pp. 10–13. (In Russ.).
3. Dejneka L.A., Shaposhnik E.I., Gostishhev D.A., et al. VEZHKKH v kontrole antotsianovogo sostava plodov chernoy smorodiny [High-efficiency liquid chromatography in controlling the anthocyanin composition of black currant]. *Sorption and Chromatographic Processes*, 2009, vol. 9, no. 4, pp. 529–536. (In Russ.).
4. Gavrilova V., Kajdzanoska M., Gjamovski V., and Stefova M. Separation, Characterization and Quantification of Phenolic Compounds in Blueberries and Red and Black Currants by HPLC-DAD-ESI-MS<sup>n</sup>. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2011, vol. 59, no. 8, pp. 4009–4018. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf104565y>.
5. Czyzowska A. and Pogorzelski E. Canges to polyphenols in the production of must and wines from blackcurrants and cherries. Part II. Anthocyanins and flavanols. *European Food Research and Technology*, 2004, vol. 218, no. 4, pp. 355–359. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00217-003-0857-2>.
6. Panasyuk A.L., Kuzmina E.I., Rozina L.I., and Letfullina D.R. Anthocyanins of Coloured Fruits and Berries as Well as Prepared from them Fruit Wine Materials. *Winemaking and viticulture*, 2016, no. 5, pp. 15–19. (In Russ.).
7. Wang H., Cao G., and Prior R.L. Oxygen Radical Absorbing Capacity of Anthocyanins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1997, vol. 45, no. 2, pp. 304–309. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf960421t>.
8. Clifford M.N. Anthocyanins – nature, occurrence and dietary burden. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2000, vol. 80, no. 7, pp. 1063–1072. DOI: [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0010\(20000515\)80:7<1063::AID-JSFA605>3.0.CO;2-Q](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0010(20000515)80:7<1063::AID-JSFA605>3.0.CO;2-Q).
9. Kong J.M., Chia L.S., Goh N.K., Chia T.F., and Brouillard R. Analysis and biological activities of anthocyanins. *Phytochemistry*, 2003, vol. 64, no. 5, pp. 923–933. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(03\)00438-2](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(03)00438-2).
10. Hou D.X. Potential mechanisms of cancer chemoprevention by anthocyanins. *Current Molecular Medicine*, 2003, vol. 3, no. 2, pp. 149–159. DOI: <https://doi.org/10.2174/1566524033361555>.
11. Lila M.A. Anthocyanins and human health: an in vitro investigative approach. *Journal of Biomedicine and Biotechnology*, 2004, vol. 2004, no. 5, pp. 306–313. DOI: <https://doi.org/10.1155/S111072430440401X>.
12. Makarevich A.M., Shutova A.G., Spiridovich E.V., and Reshetnikov V.N. Funktsii i svoystva antotsianov rastitel'nogo syr'ya [Functions and properties of anthocyanins in plant raw materials]. *Vestnik BSU*, 2009, vol. 4, part 2, pp. 147–157. (In Russ.).
13. Koponen J.M., Buchert J., Poutanen K.S., and Törrönen A.R. Effect of pectinolytic juice production on the extractability and fate of bilberry and black currant anthocyanins. *European Food Research and Technology*. 2008, vol. 227, no. 2, pp. 485–494. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00217-007-0745-2>.
14. Panasyuk A.L., Linetskaya A.E., Rozina L.I., Pelih L.A., and Shur I.M. Efficiency of polycanescine at manufacture of plum fermented and spirit wine-materials. *Winemaking and viticulture*, 2007, no. 5, pp. 12–15. (In Russ.).
15. Gnetko L.V., Beljajtseva T.A., and Ageeva N.M. Fermental preparations of Fruktotsim group. *Winemaking and viticulture*, 2010, no. 3, pp. 7–9. (In Russ.).
16. Panasyuk A.L., Kuzmina E.I., Slavskaja S.L., Harlamova L.N., and Egorova O.S. Tekhnologicheskie aspekty polucheniya vysokokachestvennykh plodovykh vin s vysokoy antioksidantnoy aktivnost'yu [Technological aspects of obtaining high-quality fruit wines with high antioxidant activity]. *Novatsii i ehffektivnost' proizvodstvennykh protsessov v vinogradarstve i vinodelii : sbornik trudov konferentsii* [Innovations and efficiency of production processes in viticulture and winemaking: conference proceedings]. Krasnodar, 2005, vol. 2, pp. 151–154. (In Russ.).
17. Panasuk A.L., Kuzmina E.I., Slavskaja S.L., Harlamova L.N., and Egorova O.S. Modes of pulp processing for preparation of wines from aronia melanocarpa. *Winemaking and viticulture*, 2006, no. 2, pp. 14–15. (In Russ.).
18. Perova I.B., Zhogova A.A., Cherkashin A.V., et al. Biologically Active Substances from European Guelder Berry Fruits. *Pharmaceutical Chemistry Journal*, 2014, vol. 48, no. 5, pp. 32–39. (In Russ.).
19. Bondent V., Brand-Williams W., and Berset C. Kinetics and mechanisms of antioxidant activity using the DPPH• free radical method. *Journal of Food Science and Technology*, 1997, no. 30, pp. 609–615.
20. Re R., Pellegrini N., Proteggente A., et al. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine*, 1999, vol. 26, no. 9–10, pp. 1231–1237. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0891-5849\(98\)00315-3](https://doi.org/10.1016/S0891-5849(98)00315-3).
21. Vilanova M., Masneuf-Pomarede I., and Dobourdiou D. Influence of *Saccharomyces cerevisiae* strains on general composition and sensorial properties of white wines made from *Vitis vinifera* cv. “Alb-arino”. *Food Technology and Biotechnology*, 2005, vol. 43, no. 1, pp. 79–83.
22. Vilaño D., Fernández-Pachón M.S., Troncoso A.M., and García-Parrilla M.C. Influence of enological practices on the antioxidant activity of wines. *Food Chemistry*, 2006, vol. 95, no. 3, pp. 394–404. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.01.005>.

#### Макаров Сергей Сергеевич

аспирант кафедры виноделия и неорганической аналитической химии, ФГБОУ ВО «Московский государственный университет технологий и управления им. К. Г. Разумовского (ПКУ)», 109004, Россия, г. Москва, ул. Земляной Вал, д. 73, тел.: +7 (906) 735-21-90, e-mail: mak210@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0002-0651-7831>

#### Sergey S. Makarov

Graduate Student of the Department of Winemaking and inorganic analytical chemistry of K.G. Razumovsky Moscow State University, Technologies and Management (the First Cossack University), 73, Zemlyanoy Val Str., Moscow, 109004, Russia, phone: +7 (906) 735-21-90, e-mail: mak210@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0002-0651-7831>

**Макаров Сергей Юрьевич**

канд. тех. наук, доцент, доцент кафедры виноделия и неорганической аналитической химии, ФГБОУ ВО «Московский государственный университет технологий и управления им. К. Г. Разумовского (ПКУ)», 109004, Россия, г. Москва, ул. Земляной Вал, д. 73, тел.: + 7 (903) 683-44-60, e-mail: mak1274@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-8615-0194>

**Панасюк Александр Львович**

д-р техн. наук, профессор, заместитель директора по научной работе, ВНИИПБиВП – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В. М. Горбатова» РАН, 119021, Россия, г. Москва, ул. Россолово, 7, тел.: +7 (499) 246-76-38, e-mail: alpanasyuk@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-5502-7951>

**Sergey Yu. Makarov**

Cand.Sci.(Eng.), Associate professor, Associate professor of Winemaking and inorganic analytical chemistry, K.G. Razumovsky Moscow State University of Technologies and Management (the First Cossack University), 73, Zemlyanoy Val Str., Moscow, 109004, Russia, phone: + 7 (903) 683-44-60, e-mail: mak1274@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-8615-0194>

**Alexander L. Panasyuk**

Dr.Sci.(Eng.), Professor, Deputy Director, All-Russian Scientific Research Institute of Brewing, Beverage and Wine Industry – Branch of V.M. Gorbатов Federal Research Center of Food Systems of RAS, 7, Rossolimo Str., Moscow, 119021, Russia, phone: +7 (499) 246-76-38, e-mail: alpanasyuk@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-5502-7951>

## Особенности коагуляции молока и его заменителей на основе растительных компонентов

А. М. Осинцев\*<sup>ORCID</sup>, В. И. Брагинский<sup>ORCID</sup>, В. В. Рынк<sup>ORCID</sup>, А. Л. Чеботарев<sup>ORCID</sup>

Дата поступления в редакцию: 22.07.2018  
Дата принятия в печать: 12.09.2018

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»,  
650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6

\*e-mail: osintsev@kemsu.ru



© А. М. Осинцев, В. И. Брагинский, В. В. Рынк, А. Л. Чеботарев, 2018

**Аннотация.** Коагуляция молока является одной из важнейших технологических операций при производстве многих молочных продуктов таких, как сыры или йогурты. В последнее время вырос интерес к растительным заменителям молока. Известно, что коллоидные системы, полученные на основе растительных компонентов, при определенных условиях также способны образовывать сгустки, позволяя получать полностью растительные заменители сыров или йогуртов. В связи с этим вопрос о механизмах коагуляции растительных заменителей молока получил дополнительную актуальность. В данной работе авторами на основе обзора основных физико-химических свойств молока и растительных молокоподобных систем предложена модель, описывающая коллоидную устойчивость животных белков молока и растительных белков молокоподобных систем. В обоих случаях основным фактором, обеспечивающим коллоидную стабильность таких систем, является электрический заряд, возникающий при диссоциации ряда функциональных групп белковых комплексов. Особую роль в поддержании коллоидной устойчивости молока и его растительных заменителей, по мнению авторов, играют фосфоросодержащие органические соединения. Именно этим объясняется важная роль кальция и магния в коагуляции животного и растительного молока. С точки зрения представленной модели описан механизм сычужной, кислотной и кислотно-сычужной коагуляции молока. Предложено объяснение для коагуляции растительных заменителей молока под действием кислоты и растворов солей кальция и магния. Предложена гипотеза, объясняющая температурную зависимость коагуляции молока и молокоподобных растительных систем.

**Ключевые слова.** Молоко, растительные заменители молока, коагуляция

**Для цитирования:** Особенности коагуляции молока и его заменителей на основе растительных компонентов белка / А. М. Осинцев, В. И. Брагинский, В. В. Рынк [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 3. С. 81–89. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-3-81-89>.

Original article

Available online at <http://fptt.ru/>

## Specifics of Milk and Plant-based Milk-like Products Coagulation

A.M. Osintsev\*<sup>ORCID</sup>, V.I. Braginsky<sup>ORCID</sup>, V.V. Rynk<sup>ORCID</sup>, A.L. Chebotarev<sup>ORCID</sup>

Received: July 22, 2018  
Accepted: September 12, 2018

Kemerovo State University,  
6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia

\*e-mail: osintsev@kemsu.ru



© A.M. Osintsev, V.I. Braginsky, V.V. Rynk, A.L. Chebotarev, 2018

**Abstract.** Milk coagulation is one of the most important technological operations in the production of many dairy products, such as cheeses or yogurt. Recently, there has been a surge of interest for plant-based milk substitutes. Besides, under certain conditions, milk-like colloid systems are able to form curds. This quality makes it possible to obtain cheese-like and yoghurt-like products. This makes the issue of coagulation mechanisms in milk-like systems even more relevant. The authors conducted a review of the main physicochemical properties of milk and milk-like systems and proposed a model that describes the colloidal stability of cow milk proteins and plant proteins of milk-like systems. In both cases, it was the electric charge that provided colloidal stability of the systems. The charge was caused by dissociation of some functional groups of protein complexes. The authors believe that phosphorus-containing organic compounds help to maintain the colloidal stability of milk and plant-based milk-like systems. This explains the important role of calcium and magnesium in the coagulation of milk and plant-based milk-like systems. The paper describes the mechanism of rennet, acid, and acid-rennet milk coagulation. It contains an explanation for the coagulation of plant-based milk analogues under the action of acid and solutions of calcium and magnesium salts. The authors propose a hypothesis that explains the temperature dependence of the coagulation in milk and milk-like systems.

**Keywords.** Milk, plant milk substitutes, coagulation

**For citation:** Osintsev A.M., Braginsky V.I., Rynk V.V., and Chebotarev A.L. Specifics of Milk and Plant-based Milk-like Products Coagulation. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2018, vol. 48, no. 3, pp. 81–89. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-3-81-89>.

## Введение

По своему определению молоко является единственным и абсолютно достаточным продуктом питания для новорожденных млекопитающих. Однако, благодаря своему уникальному составу, молоко крупных одомашненных млекопитающих стало с древнейших времен одним из самых доступных высокопитательных пищевых продуктов в рационе человека [1, 2]. Роль молока, как полноценного продукта питания и как сырья для производства других продуктов питания, привело к увеличению спроса на него. В результате производство молочных продуктов превратилось в одну из важнейших отраслей промышленности.

В последнее время существенно выросло внимание к заменителям молока, изготовленным на основе растительного сырья. Чаще всего сырьем для таких заменителей молока служат семена бобовых культур или орехи (соя, чечевица, арахис, миндаль, фундук, кешью, кокос), а также семена зерновых культур (рис, овес, кунжут) [3–7]. Использование растительных заменителей молока может быть связано с целым рядом причин, включая медицинские (например, аллергия на молочные белки или лактозу), культурные (например, вегетарианство) или религиозные (например, запрет на использование коровьего молока у индуистов). Возможно, именно религиозный запрет на использование коровьего молока сделал возможным появление его соевого аналога в Восточной Азии уже с древних времен [8].

Как молоко, так и его растительные аналоги могут употребляться сами по себе в виде напитков. Однако очень часто их используют в качестве сырья для переработки в сыры и кисломолочные продукты, в случае молока, или в их аналоги в случае использования растительных молокоподобных продуктов. Основой производства таких продуктов является процесс коагуляции суспензий, состоящих из животных или растительных белков. Механизмы коагуляции коллоидных растворов на основе молочных белков и белков растительного происхождения заметно отличаются друг от друга. Так, например, сычужный фермент, пепсин и химозин, используемые для коагуляции молочного казеина, не вызывают свертывания растительных аналогов молока, хотя некоторые ферменты все-таки способны вызвать их коагуляцию [9]. Вместе с тем, существует и ряд свойств, которые указывают на возможное сходство в формировании коллоидной устойчивости для белковых систем как животного, так и растительного происхождения. К ним относятся, например, возможность кислотного свертывания, сильная чувствительность к ионам кальция или магния, а также температурные эффекты [10–13].

Прогресс в понимании коагуляции молока основан на исследовании особенностей структуры молочных белков, их функций и особенностей взаимодействий между ними [14, 15]. Тем не менее, в настоящее время не существует общепринятой физико-химической модели, адекватно описывающей процесс свертывания молока под действием различных факторов на основе общих принципов. Механизмы коагуляции растительных белков изучены гораздо

меньше, хотя несомненные успехи в их изучении также имеются [10–13].

Целью данного исследования является попытка построения на основе краткого обзора физико-химических свойств животных белков молока и белков растительных заменителей молока достаточно общей универсальной модели их коагуляции.

## Объекты и методы исследования

Основными объектами исследования, результаты которого представлены в данной работе, являлись коллоидные растворы восстановленного обезжиренного молока, полученного в соответствии с методикой, изложенной в [16], и соевого молока, полученного по общепринятым методикам, описанным в [6].

В качестве основного метода проверки предложенных в работе гипотез использовалось моделирование экспериментальных данных в рамках разработанных схем, описывающих физико-химические процессы коагуляции белковых коллоидных систем. В ходе моделирования основные физико-химические параметры описываемых систем варьировались в диапазоне разумных технологических значений.

## Результаты и их обсуждение

*Коагуляция казеина.* Основным белком молока представлен несколькими видами казеинов (от лат. *caseus* – сыр). Они присутствуют в молоке в виде практически сферических мицелл со средним радиусом около 100 нм. Внутренняя часть мицелл представлена достаточно гидрофобными  $\alpha$ - и  $\beta$ -казеинами. Эти казеины имеют значительное количество пептидных остатков, несущих на себе фосфатные группы. Эта особенность позволяет мицеллярным казеинам связывать значительное количество кальция, образуя казеинаты, и, кроме того, связывать внутри мицелл нанокластеры коллоидного фосфата кальция, служащего основным источником фосфора и кальция для растущего организма новорожденных. Поверхность мицелл покрыта к-казеинами, в состав которых входят достаточно длинные гидрофильные макропептидные цепочки, образующие «волосковый» защитный слой, не позволяющий мицеллам слипаться в водном растворе [17–20]. Нативные мицеллы казеина в водном растворе имеют отрицательный электрический заряд, возникающий при диссоциации различных функциональных групп казеинов. Этот заряд, часть которого обеспечивает «жесткость» полиэлектролитической «щетки» из волосков к-казеина [21], обеспечивает коллоидную стабильность мицеллярного раствора в молоке.

Именно коагуляция мицелл казеина лежит в основе производства сыров, творога и кисломолочных продуктов. Нарушение коллоидной стабильности мицелл приводит к их слипанию и образованию сетки молочного геля, в которую захватываются также жировые шарики. В результате образуется сгусток, служащий основой для производства различных молочных продуктов.

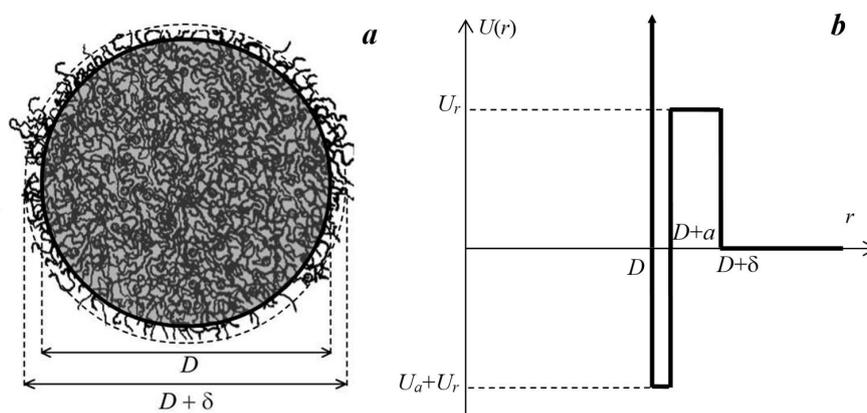


Рисунок 1 – Схематическое изображение мицеллы казеина (а) и парной потенциальной энергии их взаимодействия (б) в зависимости от расстояния  $r$  между центрами мицелл

Figure 1 – Schematic representation of casein micelles (a) and the pairing potential energy of their interaction (b) depending on the distance  $r$  between the centers of the micelles

Потеря стабильности коллоидной мицеллярной системы казеинов может быть связана с различными способами разрушения защитного волоскового слоя. При воздействии сычужном свертывании молока макропептидные волоски к-казеина отщепляются химозином, что приводит к разрушению защитного слоя [22]. Во время кислотной коагуляции дополнительные водородные ионы легко попадают в полиэлектролитическую сетку, смещая ионное равновесие в рекомбинацию диссоциированных групп макропептидных кислот к-казеина, тем самым уменьшая электрический заряд макропептидных волосков и разрушая защитный слой [14].

$$U_w(r) = \begin{cases} +\infty, & r \leq D \\ 0, & r > D \end{cases}, \quad U_a(r) = \begin{cases} -U_0 + U_{add}, & r \leq D + a \\ 0, & r > D + a \end{cases}, \quad U_r(r) = \begin{cases} U_r, & r \leq D + \delta \\ 0, & r > D + \delta \end{cases}. \quad (1)$$

Отталкивание, характеризующееся потенциальной энергией  $U_p$ , обусловлено наличием на поверхности мицелл упругого волоскового слоя толщиной  $\delta$ , состоящего из макропептидных остатков к-казеина. Притяжение, характеризующееся потенциальной энергией  $-U_p$ , включает в себя различные взаимодействия (Ван-дер-Ваальсово притяжение, гидрофобные взаимодействия, водородные связи и т.д.), обеспечивающие слипание мицелл при непосредственном контакте их поверхностей.

Дополнительный потенциал  $U_{add}$  описывает отталкивание мицелл в результате возникновения одноименного электрического заряда при диссоциации мицеллярного казеината кальция. Это отталкивание имеет короткодействующий характер из-за сильного дебаевского экранирования белковых молекул ионами, содержащимися в молочной сыворотке. При достаточно высокой степени диссоциации казеинатов кальция потенциал межмолекулярного притяжения  $U_a$  может изменить знак, становясь в этом случае отталкивающим.

Кинетика коагуляции определяется тем фактом, что потенциальные энергии  $U_r$  и  $U_{add}$  зависят от времени. Эти зависимости определяются кинетикой изменения соответствующих зарядов:

Для объяснения экспериментальных особенностей свертывания молока нами предложена модель парного взаимодействия мицелл, основанная на модели липких твердых сфер [23] с двумя дополнительными прямоугольными потенциалами [14]. Полная потенциальная энергия парного взаимодействия мицелл для выбранной модели схематически изображена на рис. 1.

Как видно из рисунка, взаимодействие мицелл представлено «твердой стенкой» на расстоянии  $D$  между центрами мицелл, глубокой прямоугольной «потенциальной ямой» шириной  $a$  и прямоугольным «отталкивающим барьером» шириной  $\delta$  и высотой  $U_r$ :  $U(r) = U_w(r) + U_a(r) + U_r(r)$ , где

отрицательного электрического заряда на волосках к-казеина  $q_{CMP}$ , пропорционального концентрации диссоциированных макропептидных остатков, и дополнительного отрицательного электрического заряда мицелл  $q_{CAS}$ , пропорционального концентрации диссоциированных молекул казеинатов кальция.

Заряд на поверхности мицелл может уменьшаться в результате гидрирования макропептидных остатков к-казеина в результате смещения влево реакции



где обозначение CMP условно выбрано для представления гидрофильных зарядообразующих групп к-казеина. Кроме того, концентрация макропептидных волосков на поверхности мицелл может уменьшаться в результате гидролиза протеолитическими ферментами:

$$[CMP] = [CMP]_0 \exp(-k_{CMP}[E]t), \quad (3)$$

где  $k_{CMP}$  – константа скорости протеолиза,  $[E]$  – концентрация фермента. В результате заряд поверхностного слоя мицелл можно представить в виде:

$$q_{CMP} = \frac{-e [CMP^-]}{[M]} = -\frac{e}{[M]} \frac{K_{CMP} [CMP]_0}{K_{CMP} + [H^+]} \exp(-k_{CMP} [E]t), \quad (4)$$

где  $e$  – элементарный заряд,  $[M]$  – концентрация мицелл казеина,  $K_{CMP}$  – константа равновесия реакции (2).

Дополнительный заряд мицелл возникает при диссоциации мицеллярного казеината кальция, который мы представим упрощенной схемой



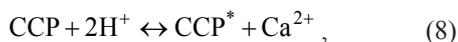
Как показывает опыт, фосфорилированные участки казеинов также могут быть подвержены протеолитическому действию ферментных

$$q_{CAS} = -2e \frac{[CAS^{2-}]}{[M]} = \frac{-2e}{[M]} \frac{K_{CAS} [CaCAS]_0}{K_{CAS} + [Ca^{2+}]} \exp(-k_{CAS} [E]t), \quad (7)$$

где  $K_{CAS}$  – константа равновесия реакции (5).

Так как дополнительный заряд мицелл, согласно (7), зависит от концентрации ионов кальция (что, на наш взгляд, вполне адекватно объясняет роль кальция в коагуляции молока) следует ввести в схему (1)–(7) дополнительный источник ионов кальция, связанный с диссоциацией мицеллярного фосфата кальция.

Из-за сложности состава коллоидного фосфата кальция (ССР), его гидрирование рассмотрим в рамках крайне упрощенной схемы, включающей всего одну ступень:



где ССР\* – гидрированная форма коллоидного кальций-фосфатного комплекса. Мы надеемся, что такая «усредненная» схема, по крайней мере, качественно, правильно описывает основные особенности процесса гидрирования кальций фосфатного комплекса.

Модель на основе схемы, представленной выражениями (1)–(8), была успешно применена для расчетов кинетики сычужной коагуляции восстановленного обезжиренного молока, обогащенного ионами кальция и магния [26].

Кислотная коагуляция молока не столь явно зависит от концентрации ионов кальция в исходном молоке и определяется величиной pH молока. Известно, что флокуляция казеина в молоке начинается со значения pH около 5. Однако при таких значениях pH мицеллярный фосфат кальция практически полностью диссоциирует. Это приводит к тому, что, с одной стороны, дополнительные водородные ионы при повышенной кислотности уменьшают заряд макропептидных волосков, сдвигая равновесие реакции (2) влево. Упругость полиэлектролитической щетки уменьшается и отталкивающий потенциал  $U_r$  становится незначительным. С другой стороны, увеличение концентрации ионов кальция в результате диссоциации коллоидного фосфата кальция приводит к уменьшению дополнительного заряда мицелл,

препаратов [24, 25]. Этот факт позволил нам объяснить коллоидную дестабилизацию в результате уменьшения дополнительного заряда мицелл без добавления кальция процессом аналогичным (3)

$$[CaCAS] = [CaCAS]_0 \exp(-k_{CAS} [E]t), \quad (6)$$

где  $k_{CAS}$  – константа скорости дополнительного протеолиза. В результате кинетика изменения дополнительного заряда мицелл казеина определяется выражением

сдвигая равновесие схемы (5) влево. Дополнительный положительный член  $U_{add}$  в потенциале  $U_a$  уменьшается, делая его чисто адгезивным.

Мы провели простой эксперимент, чтобы обосновать эту идею. Дело в том, что Trilon B® проявляет кислотные свойства при растворении в воде. Таким образом, мы могли снижать pH молока, добавив либо молочную кислоту, либо Trilon B®. В обоих случаях мы уменьшали его до 4,8. В обоих случаях наблюдалось увеличение вязкости молока. Однако в случае коагуляции молочной кислотой увеличение вязкости было более интенсивным и в результате образовывался классический кислотный сгусток. В случае понижения pH с помощью Na<sub>2</sub>EDTA, несмотря на медленное увеличение вязкости, образования сгустка в молоке не происходило [16]. Последний результат можно объяснить тем, что активность ионов кальция, возникших при диссоциации коллоидного фосфата, была значительно снижена их взаимодействием с EDTA, несмотря на снижение хелирующих свойств при уменьшении pH. Как следствие, недостаточное смещение равновесия реакции (5) влево не позволило в достаточной степени понизить дополнительный заряд мицелл.

Отметим, что механизмы сычужной и кислой коагуляции можно легко объединить в нашей модели для описания кислотно-сычужного свертывания молока.

**Коагуляция глицинина.** Основными белками сои являются глицинин и β-конглицинин (от лат. *Glycine* – соя). По своим свойствам эти глобулины аналогичны белкам других бобовых, зерновых и орехов с индексами седиментации 11S и 7S соответственно [27]. Доля этих белков составляет около 70 % протеинов сои. Очевидно, что коагуляционные свойства соевого молока во многом определяются именно их коллоидной устойчивостью.

Кроме белков, составляющих до 40 % сухих веществ сои, в ней содержится около 30 % жиров до 30 % углеводов. В таблице 1 представлены результаты сравнения состава коровьего и

соевого молока на основе анализа различных источников.

Соевое молоко – весьма условный продукт и его состав сильно зависит как от качества исходных бобов, так и от способа приготовления. В таблице 1 приведены усредненные данные для соевого молока, полученного по традиционной технологии из свежих бобов после их замачивания и размалывания в равном количестве воды.

Как видно из таблицы 1, пищевой состав сои достаточно близок к составу молока, хотя имеется и ряд существенных отличий. Если количество белков и жиров отличается не слишком существенно (менее, чем в 2 раза), то кальция в коровьем молоке больше примерно в 30 раз. С другой стороны, в соевом молоке содержится примерно в 15 раз больше железа. Безусловно, имеются отличия в химическом составе различных компонентов, определяемые, например, различием состава животных и растительных жиров. В отличие от молока, где основным углеводом является лактоза, углеводы сои представлены поли- и олигосахаридами. В то же время аминокислотный состав белков сои достаточно близок к составу казеинов. С другой стороны, имеются и существенные отличия, прежде всего, в способе связи фосфора с протейнами.

Как описано выше, фосфор в молоке млекопитающих содержится в виде соединений с аминокислотными остатками казеинов (в основном  $\alpha$ - и  $\beta$ -) и в виде связанного казеинами коллоидного фосфата кальция. В соевом молоке основная часть «белкового» фосфора представлена

белковыми комплексами с фитиновой кислотой или фитинатами [28–30]. Часть фосфора как в животном, так и в «растительном» молоке представлена фосфолипидами. Их роль в описании коллоидной стабильности этих продуктов, на наш взгляд, не столь существенна.

С точки зрения построения модели, описывающей коагуляцию соевого молока, важнейшим фактором является способность фитиновой кислоты образовывать комплексы с металлами, в первую очередь, с кальцием и магнием [12, 31]. С одной стороны, это свойство фитинат-глицининовых комплексов уменьшает пищевую ценность соевого молока [33, 34], а с другой, является основной причиной разрушения коллоидной стабильности в соевом молоке.

Соевое молоко представляет собой коллоидную взвесь частиц диаметром 40–200 нм [35, 36]. Точный состав коллоидных частиц не описан, но считается, что они, как и в молоке животного происхождения, представляют собой мицеллы, состоящие из глицининов и  $\beta$ -конглицининов, а также их жировые капли, поверхность которых стабилизирована белковыми молекулами.

Исходя из аналогии с молоком животного происхождения мы предлагаем следующую модель, описывающую коллоидную устойчивость соевого молока. Как и в случае молока животного происхождения, энергия парного взаимодействия белковых мицелл соевого молока может быть представлена в виде  $U(r) = U_w(r) + U_a(r)$ , где

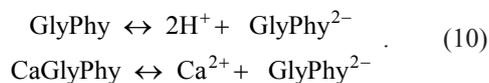
$$U_w(r) = \begin{cases} +\infty, & r \leq D \\ 0, & r > D \end{cases}, \quad U_a(r) = \begin{cases} -U_0 + U_{add}, & r \leq D + a \\ 0, & r > D + a \end{cases}. \quad (9)$$

В отличие от (1) в эту схему не включено отталкивание, обусловленное наличием на поверхности мицелл упругого волоскового слоя. Этот факт отражает хорошо известное свойство соевого молока не свертываться под действием сычужного фермента.

Притяжение, характеризующееся потенциальной энергией  $-U_0$ , как и в (1), включает в себя различные взаимодействия обеспечивающие слипание мицелл при непосредственном контакте их поверхностей. Дополнительная потенциальная энергия  $U_{add}$  описывает отталкивание мицелл в результате возникновения одноименного электрического заряда при диссоциации фитинатов, входящих в состав белковых мицелл. Это отталкивание имеет короткодействующий характер из-за сильного дебаевского экранирования белковых молекул ионами, содержащимися в сыворотке. При достаточно высокой степени диссоциации фитинатов, что, по-видимому, является нормальным для случая

соевого молока при обычных условиях, потенциал межмицеллярного притяжения  $U_a = U_{add} - U_0$  имеет положительный знак, что соответствует взаимному отталкиванию мицелл.

Дополнительный заряд мицелл возникает при диссоциации фитинат-глицининового комплекса (GlyPhy), который мы представим упрощенной схемой:



Отметим, что в качестве металла, связывающегося с фитинат-глицининовым комплексом, может выступать не только кальций. Это лишь добавит к реакциям схемы (10) дополнительные каналы. Вместе с тем, несмотря на сложный и многоступенчатый характер диссоциации фитиновой кислоты и фитинатов, можно надеяться, что схема (10), по

Таблица 1 – Сравнительный состав коровьего и соевого молока  
Table 1 – Comparative composition of cow and soy milk

Продукт	Содержание в 100 г продукта						
	Вода, г	Белки, г	Жиры, г	Углеводы, г	Кальций, мг	Фосфор, мг	Железо, мг
Коровье молоко	88 ± 1	3,2 ± 0,3	3,3 ± 0,5	5,0 ± 0,2	115 ± 5	100 ± 20	< 0,05
Соевое молоко	93 ± 3	2,7 ± 0,3	1,9 ± 0,3	1,7 ± 0,3	4,0 ± 0,3	40 ± 10	0,6 ± 0,2

крайней мере, качественно, правильно описывает возникновение заряда фитинат-глицининового комплекса  $q_{Gly}$ , который пропорционален концентрации  $[GlyPhy^{2-}]$

$$q_{Gly} = -2e \frac{[GlyPhy^{2-}]}{[M]}. \quad (11)$$

Схема (9)–(11) позволяет легко объяснить основные особенности коагуляции соевого молока. Действительно, увеличение кислотности среды приводит к сдвигу равновесия первой из реакций (10) влево и уменьшению заряда (11), определяющего потенциальную энергию отталкивания мицелл  $U_{add}$  в (9). К аналогичному эффекту приводит увеличение концентрации ионов кальция (или магния) в сыворотке соевого молока, сдвигающее влево вторую реакцию в схеме (10). В любом случае, потенциальная энергия взаимодействия мицелл в соевом молоке  $U_a$  становится отрицательной, что соответствует притяжению (или, в дальнейшем, слипанию) частиц.

Для объяснения температурной зависимости коагуляции молока и молокоподобных растительных систем необходимо сделать еще одно предположение. Будем считать, что равновесие реакций (5) и (8), а также второй реакции в схеме (10) с ростом температуры смещается влево. То есть при повышении температуры образуются менее растворимые соединения кальция (или магния) с содержащими остатки фосфорной кислоты комплексами. Отметим, что, если для реакции (8) такая зависимость является установленным фактом, то для реакции (5) и (10) это предположение

является рабочей гипотезой, основанной на сходстве химического взаимодействия кальция с фосфатными группами различных соединений. Тогда при повышении температуры дополнительный заряд мицелл снижается, что ведет к увеличению скорости коагуляции обычного и растительного молока.

### Выводы

Анализ физико-химических свойств молока животного происхождения и его аналогов на основе растительного сырья позволил разработать модель формирования устойчивости коллоидных растворов белковых мицелл животного и растительного происхождения. В обоих случаях основным фактором, обеспечивающим коллоидную стабильность систем, является электрический заряд, возникающий при диссоциации ряда функциональных групп белковых комплексов. Особую роль в поддержании коллоидной устойчивости молока и растительных молокоподобных систем играют фосфоросодержащие органические соединения. Именно этим объясняется важная роль кальция и магния в коагуляции животного и растительного молока.

### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### Финансирование

Исследования выполнены в рамках инициативного проекта авторского коллектива на базе ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет».

### Список литературы

1. Fundamentals of Cheese Science / P. F. Fox, P. L. H. McSweeney, T. M. Cogan [et al.]. – New York : Springer US, 2000. – 588 p.
2. Handbook of Fermented Food and Beverage Technology. Edited by Y. H. Hui, et al. CRC Press, 2012. – 798 p.
3. Молочно-растительные продукты / С. М. Доценко, О. В. Скрипко, В. М. Грызлов [и др.] // Молочная промышленность. – 2010. – № 4. – С. 71.
4. Сергеева, Е. Ю. Товарные, структурно-механические свойства и химический состав аналога молочного творога на основе чечевичной дисперсии / Е. Ю. Сергеева // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2011. – Т. 2, № 7. – С. 30–38.
5. Abou-Dobara, M. I. Chemical Composition, Sensory Evaluation and Starter Activity in Cow, Soy, Peanut and Rice Milk / M. I. Abou-Dobara, M. M. Ismail, N. M. Refaat // Journal of Nutritional Health & Food Engineering. – 2016. – Vol. 5, № 3. DOI: <https://doi.org/10.15406/jnhfe.2016.05.00175>.
6. Preparation of Soymilk Using Different Methods / M. F. Afroz, W. Anjum, N. Islam [et al.] // Journal of Food and Nutrition Sciences. – 2016. – Vol. 4, № 1. – P. 11–17. DOI: <https://doi.org/10.11648/j.jfns.20160401.13>.
7. Kundu1, P. Development of Non Dairy Milk Alternative Using Soymilk and Almond Milk / P. Kundu1, J. Dhankhar, A. Sharma // Current Research in Nutrition and Food Science. – 2018. – Vol. 6, № 1. – P. 203–210. DOI: <https://doi.org/10.12944/CRNFSJ.6.1.23>.
8. Shurtleff, W. History of Soybeans and Soyfoods in China and Taiwan and in Chinese Cookbooks, Restaurants, and Chinese Work with Soyfoods outside China (1024 BCE to 2014) / W. Shurtleff, H. T. Huang, A. Aoyagi. – Soyinfo Center, 2014. – 3015 p.
9. Studies on the Coagulation of Soymilk-protein by Commercial Proteinases / K. Murata, I. Kusakabe, H. Kobayashi [et al.] // Agricultural and Biological Chemistry. – 1987. – Vol. 51, № 2. – P. 385–389. DOI: <https://doi.org/10.1271/abb1961.51.385>.
10. Wang, C. Calcium Coagulation Properties of Hydrothermally Processed Soymilk / C. Wang, L. A. Johnson, L. A. Wilson // Journal of the American Oil Chemists' Society. – 2003. – Vol. 80, № 12. – P. 1225–1229. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11746-003-0846-2>.
11. Effects of Different Coagulants on Coagulation Behavior of Acid-Induced Soymilk / Q. Zhang, W. Li, M. Feng [et al.] // Food Hydrocolloids. – 2013. – Vol. 33, № 1. – P. 106–110. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2013.02.020>.
12. Coagulation of  $\beta$ -conglycinin, glycinin and isoflavones induced by calcium chloride in soymilk / Yu.-H. Hsiao, Ch.-J. Yu, W.-T. Li [et al.] // Scientific Reports. – 2015. – Vol. 5. DOI: <https://doi.org/10.1038/srep13018>.

13. Effect of magnesium salt concentration in water-in-oil emulsions on the physical properties and microstructure of tofu / Q. Zhu, F. Wu, M. Saito [et al.] // *Food Chemistry*. – 2016. – Vol. 201. – P. 197–204. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.01.065>.
14. Lucey, J. A. Acid Coagulation of Milk / J. A. Lucey // *Advanced Dairy Chemistry* / P. McSweeney, J. O'Mahony. – New York : Springer, 2016. – P. 309–328. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-1-4939-2800-2\\_12](https://doi.org/10.1007/978-1-4939-2800-2_12).
15. Enzymatic Coagulation of Milk / P. F. Fox, T. P. Guinee, T. M. Cogan [et al.] // *Fundamentals of Cheese Science*. – New York : Springer, 2017. – P. 185–229. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-1-4899-7681-9\\_7](https://doi.org/10.1007/978-1-4899-7681-9_7).
16. Osintsev, A. M. A phenomenological model of milk coagulation / A. M. Osintsev, E. S. Gromov, V. I. Braginsky // *Foods and Raw Materials*. – 2013. – Vol. 1, № 1. – P. 11–18. DOI: <https://doi.org/10.12737/1512>.
17. Holt, C. Structure and stability of bovine casein micelles / C. Holt // *Advance in Protein Chemistry*. – 1992. – Vol. 43. – P. 63–151. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0065-3233\(08\)60554-9](https://doi.org/10.1016/S0065-3233(08)60554-9).
18. Horne, D. S. Casein structure, self-assembly, and gelation / D. S. Horne // *Current Opinion in Colloid & Interface Science*. – 2002. – Vol. 7, № 5–6. – P. 456–461. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1359-0294\(02\)00082-1](https://doi.org/10.1016/S1359-0294(02)00082-1).
19. Dalgleish, D. G. On the structural models of bovine casein micelles – review and possible improvements / D. G. Dalgleish // *Soft Matter*. – 2011. – Vol. 7. – P. 2265–2272. DOI: <https://doi.org/10.1039/c0sm00806k>.
20. Casein micelles and their internal structure / C. G. De Kruif, T. Huppertz, V. S. Urban [et al.] // *Advances in Colloid and Interface Science*. – 2012. – Vol. 171–172. – P. 36–52. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cis.2012.01.002>.
21. De Kruif, C. G. k-Casein as a polyelectrolyte brush on the surface of casein micelles / C. G. De Kruif, E. B. Zhulina // *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. – 1996. – Vol. 117, № 1–2. – P. 151–159. DOI: [https://doi.org/10.1016/0927-7757\(96\)03696-5](https://doi.org/10.1016/0927-7757(96)03696-5).
22. Horne, D. S. Rennet-Induced Coagulation of Milk / D. S. Horne, J. A. Lucey // *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*. 4th ed / McSweeney P. L. H., Fox P. F., Cotter P. D. [et al.]. – Academic Press Elsevier. – 2017. – P. 115–143. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-417012-4.00005-3>.
23. De Kruif, C. G. Supra-aggregates of casein micelles as a prelude to coagulation / C. G. De Kruif // *Journal of Dairy Science*. – 1998. – Vol. 81, № 11. – P. 3019–3028. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(98\)75866-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(98)75866-7).
24. Proteolytic specificity of chymosin on bovine alpha s1-casein / P. L. H. McSweeney, N. F. Olson, P. F. Fox [et al.] // *Journal of Dairy Research*. – 1993. – Vol. 60, № 3. – P. 401–412. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0022029900027734>.
25. Hynes, E. R. Influence of residual milk-clotting enzyme on  $\alpha$ s1 casein hydrolysis during ripening of Reggiano Argentinio cheese / E. R. Hynes, L. Aparo, M. C. Candiotti // *Journal of Dairy Science*. – 2004. – Vol. 87, № 3. – P. 565–573. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73198-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73198-7).
26. Study of calcium role in colloidal stability of reconstituted skim milk under rennet coagulation conditions / A. M. Osintsev, A. P. Syrtseva, R. P. Kolmykov [et al.] // *Foods and Raw Materials*. – 2016. – Vol. 4, № 1. – P. 121–128. DOI: <https://doi.org/10.21179/2308-4057-2016-1-121-128>.
27. Structural and Functional Analysis of Various Globulin Proteins from Soy Seed / A. Singh, M. Meena, D. Kumar // *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. – 2015. – Vol. 55, № 11. – P. 1491–1502. DOI: <https://doi.org/10.1080/10408398.2012.700340>.
28. Reddy, N. R. Phytates in Legumes and Cereals / N. R. Reddy, S. K. Sathe, D. K. Salunkhe // *Advances in Food Research*. – 1982. – Vol. 28. – P. 1–92. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0065-2628\(08\)60110-X](https://doi.org/10.1016/S0065-2628(08)60110-X).
29. Honig, D. H. Phytic Acid and Phosphorus Content of Various Soybean Protein Fractions / D. H. Honig, W. J. Wolf, J. J. Rackis // *Cereal Chemistry*. – 1984. – Vol. 61, № 6. – P. 523–526.
30. Frank, A. W. Chemistry of Plant Phosphorus Compounds / A. W. Frank. – Elsevier, 2013. – 688 p. DOI: <https://doi.org/10.1016/C2012-0-02199-0>.
31. Dendougui, F. In Vitro Analysis of Binding Capacities of Calcium to Phytic Acid in Different Food Samples / F. Dendougui, G. Schwedt // *European Food Research and Technology*. – 2004. – Vol. 219, № 4. – P. 409–415 DOI: <https://doi.org/10.1007/s00217-004-0912-7>.
32. Novel method using phytase for separating soybean beta-conglycinin and glycinin / T. Saito, M. Kohno, K. Tsumura [et al.] // *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*. – 2001. – Vol. 65, № 4. – P. 884–887. DOI: <https://doi.org/10.1271/bbb.65.884>.
33. Yasothai, R. Antinutritional Factors in Soybean Meal and Its Deactivation / R. Yasothai // *International Journal of Science, Environment and Technology*. – 2016. – Vol. 5, № 6. – P. 3793–3797.
34. Changes in the Composition and Size Distribution of Soymilk Protein Particles by Heating / T. Ono, M. R. Choi, A. Ikida [et al.] // *Agricultural and Biological Chemistry*. – 1991. – Vol. 55, № 9. – P. 2291–2297. DOI: <https://doi.org/10.1080/00021369.1991.10870969>.
35. Structural Characterization of Heat-induced Protein Particles in Soy Milk / C. Ren, L. Tang, M. Zhang [et al.] // *Journal of agricultural and food chemistry*. – 2009. – Vol. 57, № 5. – P. 1921–1926. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf803321n>.

## References

1. Fox P.F., McSweeney P.L.H., Cogan T.M., and Guinee T.P. *Fundamentals of Cheese Science*. New York: Springer Publ., 2000. 588 p.
2. *Handbook of Fermented Food and Beverage Technology*. Edited by Y. H. Hui, et al. CRC Press, 2012, 798 p.
3. Dotsenko S.M., Skripko O.V., Gryzlov V.M., Pavlov V.P., and Ryapisov D.V. Milk-vegetable products. *Dairy industry*, 2010, no. 4, pp. 71. (In Russ.).

4. Sergeeva E.Yu. Commodity, structural and mechanical properties and chemical composition of analogue of dairy cottage cheese based on lentil variance. *Technology and merchandising of the innovative foodstuff*, 2011, vol. 2, no. 7, pp. 30–38. (In Russ.).
5. Abou-Dobara M.I., Ismail M.M., and Refaat N.M. Chemical Composition, Sensory Evaluation and Starter Activity in Cow, Soy, Peanut and Rice Milk. *Journal of Nutritional Health & Food Engineering*, 2016, vol. 5, no. 3. DOI: <https://doi.org/10.15406/jnhfe.2016.05.00175>.
6. Afroz M.F., Anjum W., Islam N., et al. Preparation of Soymilk Using Different Methods. *Journal of Food and Nutrition Sciences*, 2016, vol. 4, no. 1, pp. 11–17. DOI: <https://doi.org/10.11648/j.jfns.20160401.13>.
7. Kundul P., Dhankhar J., and Sharma A. Development of Non Dairy Milk Alternative Using Soymilk and Almond Milk. *Current Research in Nutrition and Food Science*, 2018, vol. 6, no. 1, pp. 203–210. DOI: <https://doi.org/10.12944/CRNFSJ.6.1.23>.
8. Shurtleff W., Huang H.T., and Aoyagi A. *History of Soybeans and Soyfoods in China and Taiwan and in Chinese Cookbooks, Restaurants, and Chinese Work with Soyfoods outside China (1024 BCE to 2014)*. Soyinfo Center Publ., 2014. 3015 p.
9. Murata K., Kusakabe I., Kobayashi H., et al. Studies on the Coagulation of Soymilk-protein by Commercial Proteinases. *Agricultural and Biological Chemistry*, 1987, vol. 51, no. 2, pp. 385–389. DOI: <https://doi.org/10.1271/abb1961.51.385>.
10. Wang C., Johnson L.A., and Wilson L.A. Calcium Coagulation Properties of Hydrothermally Processed Soymilk. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 2003, vol. 80, no. 12, pp. 1225–1229. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11746-003-0846-2>.
11. Zhang Q., Li W., Feng M., and Dong M. Effects of Different Coagulants on Coagulation Behavior of Acid-Induced Soymilk. *Food Hydrocolloids*, 2013, vol. 33, no. 1, pp. 106–110. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2013.02.020>.
12. Hsiao Yu.-H., Yu Ch.-J., Li W.-T., and Hsieh J.-F. Coagulation of  $\beta$ -conglycinin, glycinin and isoflavones induced by calcium chloride in soymilk. *Scientific Reports*, 2015, vol. 5. DOI: <https://doi.org/10.1038/srep13018>.
13. Zhu Q., Wu F., Saito M., Tatsumi E., and Yin L. Effect of magnesium salt concentration in water-in-oil emulsions on the physical properties and microstructure of tofu. *Food Chemistry*, 2016, vol. 201, pp. 197–204. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.01.065>.
14. Lucey J.A. Acid Coagulation of Milk. In: *McSweeney P., O'Mahony J. (eds.) Advanced Dairy Chemistry*. New York: Springer Publ., 2016. pp. 309–328. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-1-4939-2800-2\\_12](https://doi.org/10.1007/978-1-4939-2800-2_12).
15. Fox P.F., Guinee T.P., Cogan T.M., and McSweeney P.L.H. Enzymatic Coagulation of Milk. In: *Fox P.F., Guinee T.P., Cogan T.M., and McSweeney P.L.H. (eds.) Fundamentals of Cheese Science*. New York: Springer Publ., 2017. pp. 185–229. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-1-4899-7681-9\\_7](https://doi.org/10.1007/978-1-4899-7681-9_7).
16. Osintsev A.M., Gromov E.S. and Braginsky V.I. A phenomenological model of milk coagulation. *Foods and Raw Materials*, 2013, vol. 1, no. 1, pp. 11–18. DOI: <https://doi.org/10.12737/1512>.
17. Holt C. Structure and stability of bovine casein micelles. *Advance in Protein Chemistry*, 1992, vol. 43, pp. 63–151. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0065-3233\(08\)60554-9](https://doi.org/10.1016/S0065-3233(08)60554-9).
18. Horne D.S. Casein structure, self-assembly, and gelation. *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, 2002, vol. 7, no. 5–6, pp. 456–461. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1359-0294\(02\)00082-1](https://doi.org/10.1016/S1359-0294(02)00082-1).
19. Dalgleish D.G. On the structural models of bovine casein micelles – review and possible improvements. *Soft Matter*, 2011, vol. 7, pp. 2265–2272. DOI: <https://doi.org/10.1039/c0sm00806k>.
20. De Kruijff C.G., Huppertz T., Urban V.S., and Petukhov A.V. Casein micelles and their internal structure. *Advances in Colloid and Interface Science*, 2012, vol. 171–172, pp. 36–52. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cis.2012.01.002>.
21. De Kruijff C.G. and Zhulina E.B. k-Casein as a polyelectrolyte brush on the surface of casein micelles. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 1996, vol. 117, no. 1–2, pp. 151–159. DOI: [https://doi.org/10.1016/0927-7757\(96\)03696-5](https://doi.org/10.1016/0927-7757(96)03696-5).
22. Horne D.S. and Lucey J.A. Rennet-Induced Coagulation of Milk. In: *McSweeney P.L.H., Fox P.F., Cotter P.D., and Everett D.W. (eds.) Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology. 4th ed.* Academic Press Elsevier Publ., 2017. p. 115–143. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-417012-4.00005-3>.
23. De Kruijff C.G. Supra-aggregates of casein micelles as a prelude to coagulation. *Journal of Dairy Science*, 1998, vol. 81, no. 11, pp. 3019–3028. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(98\)75866-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(98)75866-7).
24. McSweeney P.L.H., Olson N.F., Fox P.F., Healy A., and Hojrup P. Proteolytic specificity of chymosin on bovine  $\alpha$ s1-casein. *Journal of Dairy Research*, 1993, vol. 60, no. 3, pp. 401–412. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0022029900027734>.
25. Hynes E.R., Aparo L., and Candioti M.C. Influence of residual milk-clotting enzyme on  $\alpha$ s1 casein hydrolysis during ripening of Reggiano Argentino cheese. *Journal of Dairy Science*, 2004, vol. 87, no. 3, pp. 565–573. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73198-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73198-7).
26. Osintsev A.M., Syrtseva A.P., Kolmykov R.P., et al. Study of calcium role in colloidal stability of reconstituted skim milk under rennet coagulation conditions. *Foods and Raw Materials*, 2016, vol. 4, no. 1, pp. 121–128. DOI: <https://doi.org/10.21179/2308-4057-2016-1-121-128>.
27. Singh A., Meena M., Kumar D., Dubey A.K., and Hassan M.I. Structural and Functional Analysis of Various Globulin Proteins from Soy Seed. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2015, vol. 55, no. 11, pp. 1491–1502. DOI: <https://doi.org/10.1080/10408398.2012.700340>.
28. Reddy N.R., Sathe S.K., and Salunkhe D.K. Phytates in Legumes and Cereals. *Advances in Food Research*, 1982, vol. 28, pp. 1–92. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0065-2628\(08\)60110-X](https://doi.org/10.1016/S0065-2628(08)60110-X).
29. Honig D.H., Wolf W.J., and Rackis J.J. Phytic Acid and Phosphorus Content of Various Soybean Protein Fractions. *Cereal Chemistry*, 1984, vol. 61, no. 6, pp. 523–526.

30. Frank A.W. *Chemistry of Plant Phosphorus Compounds*. Elsevier Publ., 2013. 688 p. DOI: <https://doi.org/10.1016/C2012-0-02199-0>.
31. Dendougui F. and Schwedt G. In Vitro Analysis of Binding Capacities of Calcium to Phytic Acid in Different Food Samples. *European Food Research and Technology*, 2004, vol. 219, no. 4, pp. 409–415. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00217-004-0912-7>.
32. Saito T., Kohno M., Tsumura K., Kugimiya W., and Kito M. Novel method using phytase for separating soybean beta-conglycinin and glycinin. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 2001, vol. 65, no. 4, pp. 884–887. DOI: <https://doi.org/10.1271/bbb.65.884>.
33. Yasothai R. Antinutritional Factors in Soybean Meal and Its Deactivation. *International Journal of Science, Environment and Technology*, 2016, vol. 5, no. 6, pp. 3793–3797.
34. Ono T., Choi M.R., Ikida A., and Odaoiri S. Changes in the Composition and Size Distribution of Soymilk Protein Particles by Heating. *Agricultural and Biological Chemistry*, 1991, vol. 55, no. 9, pp. 2291–2297. DOI: <https://doi.org/10.1080/00021369.1991.110870969>.
35. Ren C., Tang L., Zhang M., and Guo S. Structural Characterization of Heat-induced Protein Particles in Soy Milk. *Journal of agricultural and food chemistry*, 2009, vol. 57, no. 5, pp. 1921–1926. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf803321n>.

**Осинцев Алексей Михайлович**

д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры общей и экспериментальной физики, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650056, Россия, Кемерово, б-р. Строителей, 47, e-mail: [osintsev@kemsu.ru](mailto:osintsev@kemsu.ru)

 <https://orcid.org/0000-0002-3298-2761>

**Брагинский Владимир Ильич**

канд. техн. наук, доцент, профессор кафедры автоматизации производственных процессов и АСУ, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650056, Россия, Кемерово, б-р Строителей, 47, тел.: +7 3842 396835, e-mail: [brag1303@yandex.ru](mailto:brag1303@yandex.ru)

 <https://orcid.org/0000-0002-2199-3q23>

**Рынк Виталий Васильевич**

ассистент кафедры общей и экспериментальной физики, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650056, Россия, Кемерово, б-р Строителей, 47, e-mail: [rynkv@yandex.ru](mailto:rynkv@yandex.ru)

 <https://orcid.org/0000-0003-1854-0825>

**Чеботарев Андрей Львович**

канд. техн. наук, директор центра новых информационных технологий, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 3842 584403, e-mail: [cha68@mail.ru](mailto:cha68@mail.ru)

 <https://orcid.org/0000-0002-6136-7530>

**Alexey M. Osintsev**

Dr.Sci.(Eng.), Professor, Professor of the Department of General and Experimental Physics, Kemerovo State University, 47, Stroiteley Bul., Kemerovo, 650056, Russia, e-mail: [osintsev@kemsu.ru](mailto:osintsev@kemsu.ru)

 <https://orcid.org/0000-0002-3298-2761>

**Vladimir I. Braginsky**

Cand.Sci.(Eng.), Professor of the Department of the Department of Automation of manufacturing processes and computer-aided control systems, Kemerovo State University, 47, Stroiteley Bul., Kemerovo, 650056, Russia, phone: +7 3842 396835, e-mail: [brag1303@yandex.ru](mailto:brag1303@yandex.ru)

 <https://orcid.org/0000-0002-2199-3q23>

**Vitaliy V. Rynk**

Assistant of the Department of General and Experimental Physics, Kemerovo State University, 47, Stroiteley Bul., Kemerovo, 650056, Russia, e-mail: [rynkv@yandex.ru](mailto:rynkv@yandex.ru)

 <https://orcid.org/0000-0003-1854-0825>

**Andrey L. Chebotarev**

Cand.Sci.(Eng.), Director of the New Information Technology Center, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 3842 584403, e-mail: [cha68@mail.ru](mailto:cha68@mail.ru)

 <https://orcid.org/0000-0002-6136-7530>

## Разработка технологии производства кондитерских изделий функционального назначения

О. Г. Позднякова\*, Е. А. Егушова, Е. А. Тыщенко

Дата поступления в редакцию: 26.06.2018  
Дата принятия в печать: 20.09.2018

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный  
сельскохозяйственный институт»,  
650021, Россия, г. Кемерово, ул. Марковцева, 5

\*e-mail: 79502628552@ya.ru



© О. Г. Позднякова, Е. А. Егушова, Е. А. Тыщенко, 2018

**Аннотация.** Разработка новых функциональных продуктов питания, способствующих сохранению и улучшению здоровья человека с учетом его физиологических потребностей, является одним из приоритетных направлений в пищевой промышленности. Поэтому постепенно увеличиваются объемы производства и реализации сахаристых кондитерских изделий с низкой энергетической ценностью и различными обогащающими добавками, в том числе и для диабетического лечебного и диетического профилактического питания. Но в то же время доля данных изделий остается незначительной. Целью исследований явилась разработка технологии производства сахаристых кондитерских изделий (зефир), которые можно рекомендовать для снижения риска развития ожирения и, как следствие, сахарного диабета второго типа. Объектами исследований являлись образцы зефира, приготовленные с использованием сахара-песка, с заменой сахара на фруктозу, с заменой на фруктозу и инулин. Проведены исследования по определению функциональных свойств готового продукта, в которых участвовали три добровольца женского пола – 21, 32 и 45 лет. Установлено, что замена сахара-песка, традиционно используемого при производстве зефира на натуральный сахарозаменитель – фруктозу и смесь фруктозы и инулина, приводит к снижению гипергликемического ответа организма через полчаса после употребления анализируемой пробы и способствует получению «сахарной» кривой без резких пиков. Таким образом, введение в рецептуры сахаристых кондитерских изделий натуральных добавок, биологически активных веществ, полученных путем глубокой переработки растительного сырья, с целью создания рецептур пищевых продуктов функционального назначения, является на сегодняшний день приоритетным направлением развития кондитерской отрасли.

**Ключевые слова.** Кондитерские изделия, сахарозаменители, фруктоза, пектин, инулин

**Для цитирования:** Позднякова, О. Г. Разработка технологии производства кондитерских изделий функционального назначения / О. Г. Позднякова, Е. А. Егушова, Е. А. Тыщенко // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 3. С. 90–95. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-3-90-95>

Original article

Available online at <http://fptt.ru/>

## Functional Confectionery Products: Development of Production Process

O.G. Pozdnyakova\*, E.A. Egushova, E.A. Tyshchenko

Received: June 26, 2018  
Accepted: September 20, 2018

Kemerovo State Agricultural Institute,  
5, Markoutsev Str., Kemerovo, 650021, Russia

\*e-mail: 79502628552@ya.ru



© O.G. Pozdnyakova, E.A. Egushova, E.A. Tyshchenko, 2018

**Abstract.** The development of new functional foods that contribute to the preservation and improvement of human health is one of the priorities in the food industry. In this regard, the production and sales of sugar confectionery products with low energy value and various enriching additives are gradually increasing, including those meant for diabetic therapeutic and dietary preventive nutrition. At the same time, the share of these products remains insignificant. The research prospective was to develop a technology for the production of marshmallow, which reduces the risk of obesity and type II diabetes. The study featured three samples of marshmallow: with granulated sugar, fructose, and inulin. The research determined the functional properties of the finished product. Three female volunteers (21, 32, and 45 years old) participated in the experiment. It was established that the replacement of granulated sugar with a natural sweetener, namely fructose and a mixture of fructose and inulin, led to a decrease in the body's hyperglycemic response half an hour after consuming the analyzed sample, and resulted in a smooth sugar curve. Thus, natural additives and biologically active substances make sugar confectionery products functional, which is a priority for the development of the confectionery industry.

**Keywords.** Confectionery, sweeteners, fructose, pectin, inulin

## Введение

На сегодняшний день кондитерская промышленность является динамично развивающейся отраслью агропромышленного комплекса страны. Ассортимент вырабатываемой продукции с каждым годом расширяется. Экспертами-аналитиками отмечен растущий спрос на продукцию данной отрасли, что обусловлено пристрастиями населения различных категорий, а именно детей. Изготовление кондитерской продукции рассматривается как перспективное экономическое направление. Наряду с крупными предприятиями, оснащенными современными поточно-механизированными и автоматизированными линиями для производства широкого ассортимента кондитерских изделий, развиваются и мелкие кондитерские цеха, в том числе и фирмы «на дому». Однако в кондитерской промышленности, как и в любой другой отрасли, можно выделить ряд приоритетных задач, связанных с расширением ассортимента в направлении функциональных продуктов [1].

Согласно ГОСТ Р 52349-2005 «Продукты пищевые. Продукты пищевые функциональные. Термины и определения (с изменениями №1)» функциональный пищевой продукт – специальный пищевой продукт, предназначенный для систематического употребления в составе пищевых рационов всеми возрастными группами здорового населения, обладающий научно обоснованными и подтвержденными свойствами, снижающий риск развития заболеваний, связанных с питанием, предотвращающий дефицит или восполняющий имеющийся в организме человека дефицит питательных веществ, сохраняющий и улучшающий здоровье за счет наличия в его составе функциональных пищевых ингредиентов [2].

В России вырабатываемый ассортимент функциональных пищевых продуктов на сегодняшний день очень ограничен. Вырабатываемая кондитерскими предприятиями продукция, как правило, не отвечает нормам здорового и сбалансированного питания. Исходя из этого, актуальным является повышение потребительских свойств в отношении биологической ценности вырабатываемой продукции; снижение сахароемкости и энергетической ценности продукции; внедрение инновационных технологий производства; сокращение использования импортного дорогостоящего сырья, путем замены его на отечественные аналоги. Решить поставленные задачи возможно путем совершенствования ассортимента вырабатываемой продукции с помощью разработки новых оригинальных рецептур кондитерских изделий с использованием функциональных пищевых ингредиентов.

Известно [3], что чрезмерное употребление сахаристых продуктов при малоподвижном образе жизни, приводит к развитию ожирения,

которое является причиной приобретения диабета, относящегося ко второму типу. Согласно рейтингу по показателям заболеваемости, Россия входит в пятерку стран мира по развитию заболеваний, связанных с нарушением обменных процессов организма. Уровень подошел вплотную к эпидемиологическому порогу. По словам научных сотрудников реальные цифры в два-три раза выше.

В настоящее время у российских потребителей проявляется интерес к изделиям, содержащим в своем составе незаменимые нутриенты, растительное сырье, натуральные фруктово-ягодные добавки. На сегодняшний день развивается рынок кондитерских изделий с пониженным гликемическим индексом. Его составляют изделия для диетического, диабетического и здорового питания.

На основании вышесказанного, целью исследования явилась разработка технологии производства сахаристых кондитерских изделий (зефир), которые можно рекомендовать для снижения риска развития ожирения и, как следствие, сахарного диабета второго типа. Задачи исследования – подбор рецептуры зефира, определение органолептических и физико-химических показателей, определение функциональных свойств готовых изделий путем измерения уровня глюкозы в крови после их употребления.

## Объекты и методы исследования

Объектами исследований являлись:

- сахар-песок по ГОСТ 33222-2015, фруктоза по ТУ 9197-010-72315488-2011, пектин по ТУ 9169-007-52303135-2014, инулин по ТУ 9164-030-00493534-2007, смородина черная свежемороженая по ГОСТ Р 53956-2010, яичный белок яйца столового первой категории по ГОСТ 31654-2012, вода питьевая по СанПиН 2.1.4.1074-01;
- образцы зефира, приготовленные с использованием сахара-песка (проба 1), с заменой сахара на фруктозу (проба 2), с заменой на фруктозу и инулин (проба 3).

Органолептические показатели зефира, приготовленного по разным вариантам определяли по ГОСТ 5897-90, физико-химические показатели: массовую долю влаги по ГОСТ 5900-73, плотность – по ГОСТ 5902-80 [4–6].

Исследования функциональных свойств продукта проводили на трех добровольцах женского пола – 21, 32 и 45 лет. Определяли уровня глюкозы в крови (ммоль/л) с помощью прибора глюкометр One touch select. Забор крови у добровольцев производили на голодный желудок. Затем через 30 минут после употребления 50 г анализируемых проб в зависимости от дня испытаний по вариантам и далее, через каждые 30 минут до достижения исходного значения уровня глюкозы в крови на момент начала эксперимента. Масса проб, необходимая для употребления группой добровольцев, была выбрана на основании штучного взвешивания единицы зефира, представленного

в торговой сети, и получении среднего значения. Обработку полученных результатов проводили в программе Microsoft Excel.

Экспериментальные исследования проводили на базе научно-образовательного центра «Переработка сельскохозяйственного сырья и пищевые технологии» ФГБОУ ВО Кемеровского государственного сельскохозяйственного института.

### Результаты и их обсуждение

Кондитерские изделия диетической направленности должны иметь в своем составе компоненты с низким гликемический индексом, а также достаточное количество минеральных компонентов, клетчатки и витаминов.

Для снижения сахароемкости кондитерских изделий принято использовать сахарозаменители. Натуральные сахарозаменители по стоимости на порядок выше, чем синтезированные, однако, потребители всё чаще отдают предпочтение продуктам с добавлением натуральных ингредиентов. Фруктоза – натуральный сахар, который присутствует в свободном виде почти во всех сладких фруктах, овощах, а также меде. Фруктоза стабилизирует уровень сахара в крови, укрепляет иммунитет, снижает риск возникновения кариеса у детей и взрослых.

В последнее время возрос интерес к добавлению в пищевые продукты инулина. Он широко используется во всех отраслях пищевой промышленности, в частности для производства продуктов с дополнительной потребительской ценностью, в том числе и для производства продуктов детского питания. Обладает очень низкой калорийностью, имеет нейтральный сладкий вкус. Молекулярная масса инулина находится в пределах 5000–6000 условных единиц. Известно и используется на практике положительное влияние растительных инулинсодержащих продуктов на регуляцию обмена веществ при заболеваниях сахарным диабетом, атеросклерозом, ожирением [7].

Пектин используется в кондитерской промышленности как натуральная добавка – загуститель. Пектин практически не расщепляется и не усваивается в пищеварительной системе. Проходя

по кишечнику вместе с остальными продуктами, он впитывает в себя холестерин и прочие вредные элементы, тяжело выводимые из организма. Кроме того, пектин способен связывать ионы радиоактивных и тяжелых металлов, нормализуя кровообращение и деятельность желудка. Еще одно достоинство вещества заключается в том, что оно улучшает общую микрофлору кишечника, оказывает противовоспалительное действие на его слизистую оболочку. Пектин рекомендован при язвенных болезнях и дисбактериозе.

Ягоды черной смородины – ценный источник витаминов группы В (В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>6</sub>, В<sub>9</sub>), С, Е, D, Р, К, пектина, каротиноидов, эфирных масел, сахаров, дубильных веществ, органических кислот, солей фосфора, калия и железа. Лечебные свойства смородины обусловлены высоким содержанием биологически активных веществ, которые представлены преимущественно фенольными соединениями, обладающими Р-витаминной активностью. Ягоды черной смородины обладают способностью предупреждать появление диабета, в связи с этим ее часто добавляют в продукты функционального питания, предназначенные для укрепления и оздоровления организма при самых разных заболеваниях [8, 9].

Рецептуры выработанных образцов зефира представлены в таблице 1. При оптимизации рецептуры зефира количество сахара заменяли эквивалентным по сладости количеством сахарозаменителя. Вычисления производили по формуле:

$$П = \frac{С}{К_{ст}}$$

где П – количество сахарозаменителя, кг; С – количество заменяемого сахара, кг; К<sub>ст</sub> – степень сладости фруктозы, относительно сахарозы (К<sub>ст</sub> = 1,7) [10].

Технологический процесс производства зефира включал несколько этапов. На первом этапе осуществляли приготовление пюре из замороженных ягод черной смородины. Пюре готовили следующим образом: чистые ягоды черной смородины измельчали с помощью блендера, затем перетирали через сито для получения однородной массы. Полученную

Таблица 1 – Рецептуры анализируемых проб зефира  
Table 1 – Recipes of the analyzed marshmallow samples

Наименование сырья	Массовая доля сухих веществ, %	Расход сырья на 100 кг готовой продукции, кг					
		Рецептура № 1		Рецептура № 2		Рецептура № 3	
		в натуре	в сухих веществах	в натуре	в сухих веществах	в натуре	в сухих веществах
Сахар-песок	99,85	600,00	599,10	–	–	–	–
Смородина черная свежемороженая	49,80	600,00	298,80	600,0	298,80	600,0	298,80
Пектин	92,00	8,00	7,36	8,00	7,36	8,00	7,36
Вода питьевая	–	150,00	–	150,00	–	150,00	–
Фруктоза	99,70	–	–	352,90	351,8	345,80	344,80
Инулин	96,50	–	–	–	–	7,1	6,80
Белок яичный	12,00	31,80	3,82	32,00	3,84	34,70	4,16

Таблица 2 – Органолептические и физико-химические показатели анализируемых проб зефира  
Table 2 – Organoleptic properties and physico-chemical characteristics of the analyzed marshmallow samples

Наименование показателя	Характеристика проб		
	1	2	3
Вкус и запах	Свойственные данному наименованию изделия, отмечается ярко выраженный ягодный вкус и запах, без постороннего привкуса и запаха		
Цвет	Равномерный, во всех пробах		
Консистенция	Мягкая, легко поддающаяся разламыванию		
Структура	Свойственная данному наименованию изделия, равномерная, мелкопористая		
Форма	Свойственная данному наименованию изделия		
Поверхность	Свойственная данному наименованию изделия, без грубого затвердевания на боковых гранях		
Плотность, г/см <sup>3</sup>	0,45	0,55	0,60
Массовая доля влаги, %	22,5	21,0	21,5

массу уваривали до содержания сухих веществ 70%. Вторым этапом явилось приготовление сахарно-пектинового сиропа. Для этого в емкость наливали необходимое, согласно рецептуре, количество воды и добавляли пектин. Смесь доводили до кипения и кипятили в течение 1 минуты, помешивая для равномерного распределения пектина. Затем добавляли необходимое количество сахара или сахарозаменителя (по вариантам в зависимости от вида пробы). Сироп нагревали до температуры 110 °С. Далее, сахарно-пектиновый сироп смешивали с 250 г ранее приготовленного черносмородинового пюре и охлаждали. Готовую смесь сбивали с яичным белком при температуре 18–20 °С, начиная с низких оборотов, постепенно увеличивая в течение 15–17 минут до получения воздушной и плотной структуры. Готовую зефирную массу отсаживали на листы, предварительно застелив их пергаментной бумагой. Для стабилизации оставляли отсаженную зефирную массу на 24 часа. После стабилизации проводили исследования зефира по органолептическим, физико-химическим показателям и определению функциональных свойств.

Органолептические и физико-химические показатели анализируемых образцов представлены в таблице 2.

Из таблицы 2 видно, что по всем показателям анализируемые пробы характеризовались как хорошие. Однако консистенция у проб с заменой сахара-песка на фруктозу и смесь фруктозы и инулина позволила получить затяжистую консистенцию, что не является дефектом.

Результаты определений функциональных свойств представлены на рисунках 1–3. Доброволец

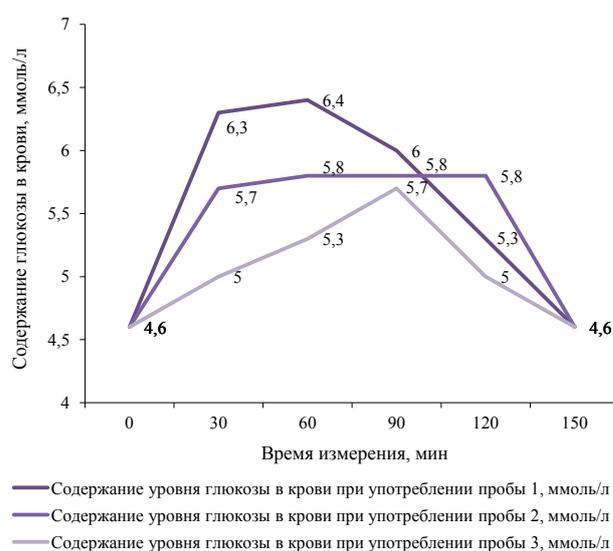


Рисунок 1 – Уровень глюкозы в крови у добровольца (жен., 21 год) в зависимости от времени забора крови  
Figure 1 – Blood glucose level in a volunteer (female, 21 years old) according to the time of blood sampling

1 – женщина 21 год, доброволец 2 – женщина 32 года, доброволец 3 – женщина 45 лет. Все добровольцы на момент проведения исследований соматически чувствовали себя хорошо.

Из рисунков 1–3 видно, что через 30 минут после приема в пищу анализируемых проб, у всех испытуемых наблюдалось резкое повышение содержания уровня глюкозы в крови. Организм старается компенсировать такое повышение путем выработки инсулина. Однако сбои в работе поджелудочной железы, либо другие факторы, в частности психологического характера, в тех случаях, когда человек знает о вреде сахаристых продуктов, но не может справиться со своими пристрастиями, приводят к появлению признаков гипергликемии. Развитие гиперсмолярной комы у людей, склонных к диабету второго типа особенно

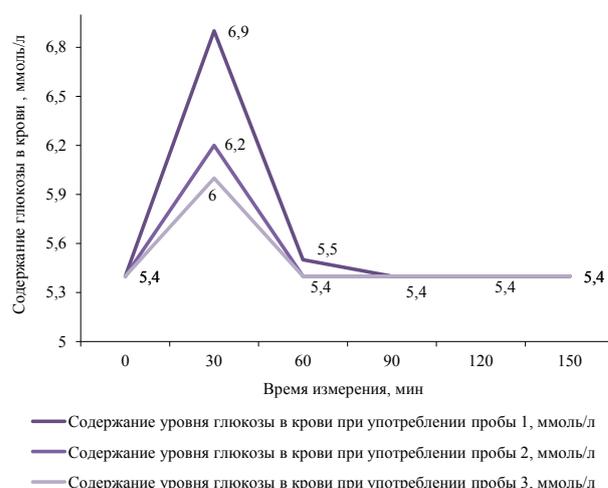


Рисунок 2 – Уровень глюкозы в крови у добровольца (жен., 32 года) в зависимости от времени забора крови  
Figure 2 – Blood glucose level in a volunteer (female, 32 years old) according to the time of blood sampling

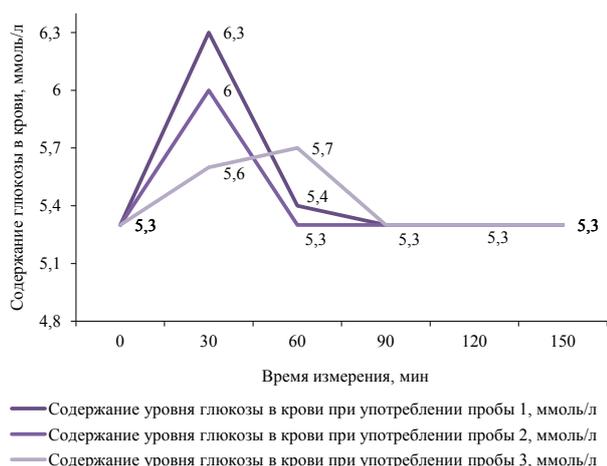


Рисунок 3 – Уровень глюкозы в крови у добровольца (жен., 45 лет) в зависимости от времени забора крови  
 Figure 3 – Blood glucose level in a volunteer (female, 45 years old) according to the time of blood sampling

опасно, так как развивается на протяжении 2–3 недель и сопровождается сонливостью, сильной слабостью, прерывистым поверхностным дыханием. Таким людям следует отказаться от приема сахаристых кондитерских изделий вообще

или отдавать предпочтение кондитерским изделиям функциональной направленности.

В результате исследований нами было установлено, что замена сахара-песка, традиционно используемого при производстве зефира на натуральный сахарозаменитель – фруктозу и смесь фруктоза и инулин, приводит к снижению гипергликемического ответа организма через полчаса после употребления анализируемой пробы и способствует получению «сахарной» кривой без опасных резких пиков.

### Выводы

Таким образом, введение в рецептуры сахаристых кондитерских изделий натуральных добавок, биологически активных веществ, полученных путем глубокой переработки растительного сырья, с целью создания рецептур пищевых продуктов функционального назначения, является на сегодняшний день приоритетным направлением развития кондитерской отрасли.

### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### Список литературы

1. Инновационные технологии хлебобулочных, макаронных и кондитерских изделий : монография / С. Я. Корякина, Н. А. Березина, Ю. В. Гончаров [и др.] // ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И. С. Тургенева». – Орел, 2011. – 264 с.
2. ГОСТ Р 52349-2005. Продукты пищевые функциональные. Термины и определения. – М.: Издательство стандартов, 2008. – 12 с.
3. Функциональные ингредиенты в производстве кондитерских изделий / А. Н. Куракина, И. Б. Красина, Н. А. Тарасенко [и др.] // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 6–3. – С. 468–472.
4. ГОСТ 5897-90 Изделия кондитерские. Методы определения органолептических показателей качества, размеров, массы нетто и составных частей. – М.: Издательство стандартов, 2004.
5. ГОСТ 5900-73 Изделия кондитерские. Методы определения влаги и сухих веществ (с Изменениями № 1, 2, 3, 4). – М.: ИПК Издательство стандартов, 2004. – С. 47–53.
6. ГОСТ 5902-80 Изделия кондитерские. Методы определения степени измельчения и плотности пористых изделий (с Изменением № 1). – М.: Издательство стандартов, 2004. – С. 125–130.
7. Тарасенко, Н. А. Инулин и олигофруктоза: эффективность в качестве пребиотического волокна для кондитерской промышленности / Н. А. Тарасенко // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 9–6. – С. 1216–1219.
8. Мясцева, Н. В. Изучение биологически активных веществ ягод черной смородины в процессе хранения / Н. В. Мясцева, Е. Н. Артемова // Техника и технология пищевых производств. – 2013. – Т. 30, № 3. – С. 36–40.
9. Бакин, И. А. Изучение химического состава ягод черной смородины в процессе переработки / И. А. Бакин, А. С. Мустафина, П. Н. Лунин // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2015. – Т. 105, № 6. – С. 159–162.
10. Разработка вафель с пониженным гликемическим индексом / Н. Н. Попова, И. П. Щетилина, А. А. Денисова [и др.] // Вестник ВГУИТ. – 2016. – Т. 70, № 4. – С. 181–186. DOI: <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2016-4-181-186>.
11. Пат. 2492690 Российская Федерация, МПК 51 A23G 3/00. Сбивное кондитерское изделие с низким гликемическим индексом / Ткешелашвили М. Е. – № 2011148414/13; заявл. 29.11.2011; опублик. 20.09.2013.
12. Резниченко, И. Ю. Теоретические аспекты разработки и классификации кондитерских изделий специализированного назначения / И. Ю. Резниченко, Е. Ю. Егорова // Техника и технология пищевых производств. – 2013. – Т. 30, № 3. – С. 133–138.
13. Куракина, А. Н. Исследование реологических свойств жевательных конфет, приготовленных на изомальтулозе / А. Н. Куракина, И. Б. Красина, З. А. Баранова // Известия вузов. Пищевая технология. – 2014. – Т. 337, № 1. – С. 66–70.
14. Производство функциональных кондитерских изделий для различных возрастных групп / В. Кочетков, Н. Агеева, И. Аминова [и др.] // Хлебопродукты. – 2007. – № 8. – С. 40–41.
15. Alldrick, A. J. Functional foods: assuring quality. Functional foods: the Consumers, the Products and the Evidence / A. J. Alldrick – Cambridge: Royal society of Chemistry, 1997. – 276 p.

## References

1. Koryachkina S.Ya., Berezina N.A., Goncharov Yu.V., et al. *Innovatsionnye tekhnologii khlebobulochnnykh, makaronnykh i konditerskikh izdeliy* [Innovative technologies of bakery, macaroni, and confectionery products: monograph]. Orel: I.S. Turgenev Orel State University Publ., 2011. 264 p. (In Russ.).
2. *State Standart 52349-2005. Foodstuffs. Functional foods. Terms and definitions*. Moscow: Standartinform Publ., 2008. 12 p.
3. Kurakina A.N., Krasina I.B., Tarasenko N.A., and Filippova E.V. Functional ingredients in the production of confectionery. *Fundamental research*, 2015, no. 6–3, pp. 468–472. (In Russ.).
4. *State Standart 5897-90. Confectionery. Methods for determination of organoleptic quality indices, sizes, net-mass and components*. Moscow: Standartinform Publ., 2004.
5. *State Standart 5900-73. Confectionery. Methods for determination of moisture and dry substances*. Moscow: Standartinform Publ., 2004. 47–53 p.
6. *State Standart 5902-80. Confectionery. Methods for determination of pounding degree and density of porous products*. Moscow: Standartinform Publ., 2004. 125–130 p.
7. Tarasenko N.A. Inulin and oligofructose: efficiency as prebiotichesky fibre for the confectionery industry. *Fundamental research*, 2014, no. 9–6, pp. 1216–1219. (In Russ.).
8. Myasishcheva N.V. and Artyomova E.N. Studying of biologically active substances berries of a black currant during storage. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2013, vol. 30, no. 3, pp. 36–40. (In Russ.).
9. Bakin I.A., Mustafina A.S., and Lunin P.N. The study of the black currant berry chemical composition in the processing. *The Bulletin of KrasGAU*, 2015, vol. 105, no. 6, pp. 159–162. (In Russ.).
10. Popova N.N., Shchetilina I.P., Denisova A.A., and Kiseleva E.A. Development of wafers with lowered glycemic index. *Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies*, 2016, vol. 70, no. 4, pp. 181–186. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2016-4-181-186>.
11. Tkeshelashvili M.E. *Sbivnoe konditerskoe izdelie s nizkim glikemicheskim indeksom* [Aerated confectionery with a low glycemic index]. Patent RF, no. 2492690, 2013.
12. Reznichenko I.Yu. and Egorova E.Yu. Theoretical aspects of development and classification of special purpose confectionery. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2013, vol. 30, no. 3, pp. 133–138. (In Russ.).
13. Kurakina A.N., Krasina I.B., and Baranova Z.A. Investigation of rheological properties of chewing candies, prepared on isomaltulose. *News institutes of higher Education. Food technology*, 2014, vol. 337, no. 1, pp. 66–70. (In Russ.).
14. Kochetkov V., Ageeva N., Amineva I., and Revina L. Proizvodstvo funktsional'nykh konditerskikh izdeliy dlya razlichnykh vozrastnykh grupp [Production of functional confectionery products for various age groups]. *Bread products*, 2007, no. 8, pp. 40–41. (In Russ.).
15. Alldrick A.J. *Functional foods: assuring quality. Functional foods: the Consumers, the Products and the Evidence*. Cambridge: Royal society of Chemistry Publ., 1997. 276 p.

### Позднякова Ольга Георгиевна

канд. техн. наук, доцент кафедры агробиотехнологий, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный сельскохозяйственный институт», 650021, Россия, г. Кемерово, ул. Марковцева, 5 тел.: + 7 (950) 262-85-52, e-mail: 79502628552@ya.ru

<https://orcid.org/0000-0002-1516-2673>

### Егушова Елена Анатольевна

канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры агробиотехнологий, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный сельскохозяйственный институт», 650021, Россия, г. Кемерово, ул. Марковцева, 5 тел.: +7 (905) 915-16-53, e-mail: Egushova@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0003-2918-9858>

### Тыщенко Елизавета Алексеевна

д-р техн. наук, профессор кафедры агробиотехнологий, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный сельскохозяйственный институт», 650021, Россия, г. Кемерово, ул. Марковцева, 5 тел.: +7 (923) 618-13-50, e-mail: liz1971@rambler.ru

<https://orcid.org/0000-0002-2613-9786>

### Olga G. Pozdnyakova

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Department of Agrobiotechnology, Kemerovo State Agricultural Institute, 5, Markovtseva Str., Kemerovo, 650021, Russia, phone: + 7 (950) 262-85-52, e-mail: 79502628552@ya.ru

<https://orcid.org/0000-0002-1516-2673>

### Elena A. Egushova

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Agrobiotechnology, Kemerovo State Agricultural Institute, 5, Markovtseva Str., Kemerovo, 650021, Russia, phone: +7 (905) 915-16-53, e-mail: Egushova@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0003-2918-9858>

### Elizaveta A. Tyshchenko

Dr.Sci.(Eng.), Associate Professor, Professor of the Department of Agrobiotechnology, Kemerovo State Agricultural Institute, 5, Markovtseva Str., Kemerovo, 650021, Russia, phone: +7 (923) 618-13-50, e-mail: liz1971@rambler.ru

<https://orcid.org/0000-0002-2613-9786>

## Технология интенсификации производства макаронных изделий с использованием ультразвукового воздействия и инфракрасного излучения

С. А. Романчиков 

ФГКВБОУ ВО «Военная академия  
материально-технического обеспечения  
имени генерала армии А.В. Хрулева»,  
199034, Россия, г. Санкт-Петербург, наб. Макарова, 8

Дата поступления в редакцию: 01.07.2018  
Дата принятия в печать: 20.09.2018

199034, Россия, г. Санкт-Петербург, наб. Макарова, 8

e-mail: [romanchkovspb@mail.ru](mailto:romanchkovspb@mail.ru)



© С. А. Романчиков, 2018

**Аннотация.** Одной из приоритетных задач, при организации питания военнослужащих в районах Крайнего Севера и в Арктической зоне Российской Федерации в настоящее время является доведение всех необходимых организму пищевых веществ (нутриентов). При этом масса продовольственного пайка не должна увеличиваться. Для реализации данной задачи предложено технологическое решение производства макаронных изделий с животным белком и повышенным содержанием питательных веществ (в частности ретинола – витамина А, минеральных веществ, микроэлементов, омега-3 и омега-6 жирных кислот), из хлебопекарной муки из мягких сортов пшеницы. В целях достижения поставленной задачи в состав макаронных изделий была включена обогащающая добавка (печень говяжья) в количестве 30 % от общего объема теста. Состав ингредиентов, их количество и влияние на количество нутриентов в модифицированном продукте питания были рассчитаны по специально разработанной программе. Технология интенсификации производства макаронных изделий с использованием ультразвукового воздействия и инфракрасного излучения реализуется за счет использования модернизированного технологического оборудования. Устройство для ультразвуковой магнитострикционной обработки муки обеспечивает снижение зараженности пшеничной муки патогенными микроорганизмами и плесенью. Использование в конструкции макаронного пресса устройства для обработки технологического полуфабриката ультразвуком в процессе прессования позволяет использовать пшеничную муку с низким содержанием клейковины. Модернизация устройства для сушки макаронных изделий, за счет включения источников ультразвука и инфракрасного излучения, обеспечила ускорение процесса сушки макаронных изделий с повышенным содержанием животного белка без снижения показателей качества. В результате экспериментальных исследований были получены эмпирические зависимости качества предложенных макаронных изделий от воздействия ультразвука и инфракрасного излучения. Интенсификация процесса производства макаронных изделий с животным белком и с повышенным содержанием питательных веществ составила 22–26 %, при одновременном повышении предела прочности готовых изделий на 20–25 %.

**Ключевые слова.** Макаaronное тесто, печень говяжья, технологическое оборудование, ультразвук, инфракрасное излучение, сушка, упаковка

**Для цитирования:** Романчиков, С. А. Технология интенсификации производства макаронных изделий с использованием ультразвукового воздействия и инфракрасного излучения / С. А. Романчиков // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 3. С. 96–104. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-3-96-104>.

Original article

Available online at <http://fptt.ru/>

## Ultrasound and Infrared Radiation in Pasta Production

S.A. Romanchikov 

A.V. Khryovoy Military Educational Institution of Logistics,  
8, Makarov Emb., Saint Petersburg, 199034, Russia

Received: July 01, 2018  
Accepted: September 20, 2018

e-mail: [romanchkovspb@mail.ru](mailto:romanchkovspb@mail.ru)



© S.A. Romanchikov, 2018

**Abstract.** One of the current priorities of food supply for military personnel in the Far North and the Russian Arctic is to preserve its nutrition quality while maintaining the mass of food ration. To implement this task, the author proposes to produce soft wheat pasta with animal protein and high nutrient content (retinol, i.e. vitamin A, minerals, mineral nutrients, omega-3 and omega-6 fatty acids). Beef liver was added to the pasta as an enriching additive in the amount of 30% of the total dough. The composition of the ingredients, their quantity, and the effect on the amount of nutrients in the modified food product were calculated according to a specially designed program. Modernized equipment made it possible to use ultrasound and infrared radiation to intensify the

technology of pasta production. A device for ultrasonic magnetostriction processing of flour reduced the contamination of wheat flour with pathogenic microorganisms and mold. An ultrasound press made it possible to use low gluten wheat flour. Modernization of the drying equipment by including sources of ultrasound and infrared radiation accelerated the process of drying. As a result, the pasta with a high content of animal protein did not lose in quality. The experimental studies revealed empirical dependency between the quality of the pasta and the ultrasound and infrared radiation. Intensification of the production of pasta with animal protein and a high nutrient content was 22–26%, while the strength of the finished product increased by 20–25%.

**Keywords.** Pasta dough, liver beef, processing equipment, ultrasound, infrared nail, drying, packaging

**For citation:** Romanchikov S.A. Ultrasound and Infrared Radiation in Pasta Production. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2018, vol. 48, no. 3, pp. 96–104. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-3-96-104>.

**Введение**

Разработка технических решений по повышению эффективности продовольственного обеспечения Вооруженных сил Российской Федерации (ВС РФ) и их применение в органах продовольственной службы обуславливают необходимость создания технологий, направленных на обеспечение хранения продовольствия, производство консервированных и концентрированных продуктов питания, улучшение качества организации питания, а также совершенствование процессов приготовления пищи на полевых технических средствах продовольственной службы (ПТС ПС).

Общая структура и состав технологических решений по реализации приведенных задач показаны на рис. 1.

Особая роль среди этих технологических решений принадлежит технологиям производства и хранения продовольствия для группировки войск (сил) в районах Крайнего Севера и Арктической зоне Российской Федерации (КС и АЗ).

К ним относятся:

1. Технология магнитострикционной очистки муки,

подготовки комплексной мучной смеси повышенной пищевой ценности (ППЦ), прессования макаронного теста и акустической сушки в псевдооживленном слое [1];

2. Технология интенсификации производства макаронных изделий с использованием ультразвукового воздействия и инфракрасного излучения;

3. Технология инаktivирования и прекращения микробиологических и аэробных процессов в продуктах питания;

4. Способ электростимуляции парного мяса.

В целях расширения ассортимента продуктов питания, повышения пищевой ценности и витаминизации продовольственного пайка для военнослужащих, проходящих службу в районах КС и АЗ РФ, предложена «Технология интенсификации производства макаронных изделий с использованием ультразвукового воздействия и инфракрасного излучения».

**Объекты и методы исследования**

Предлагаемая технология, в сравнение с

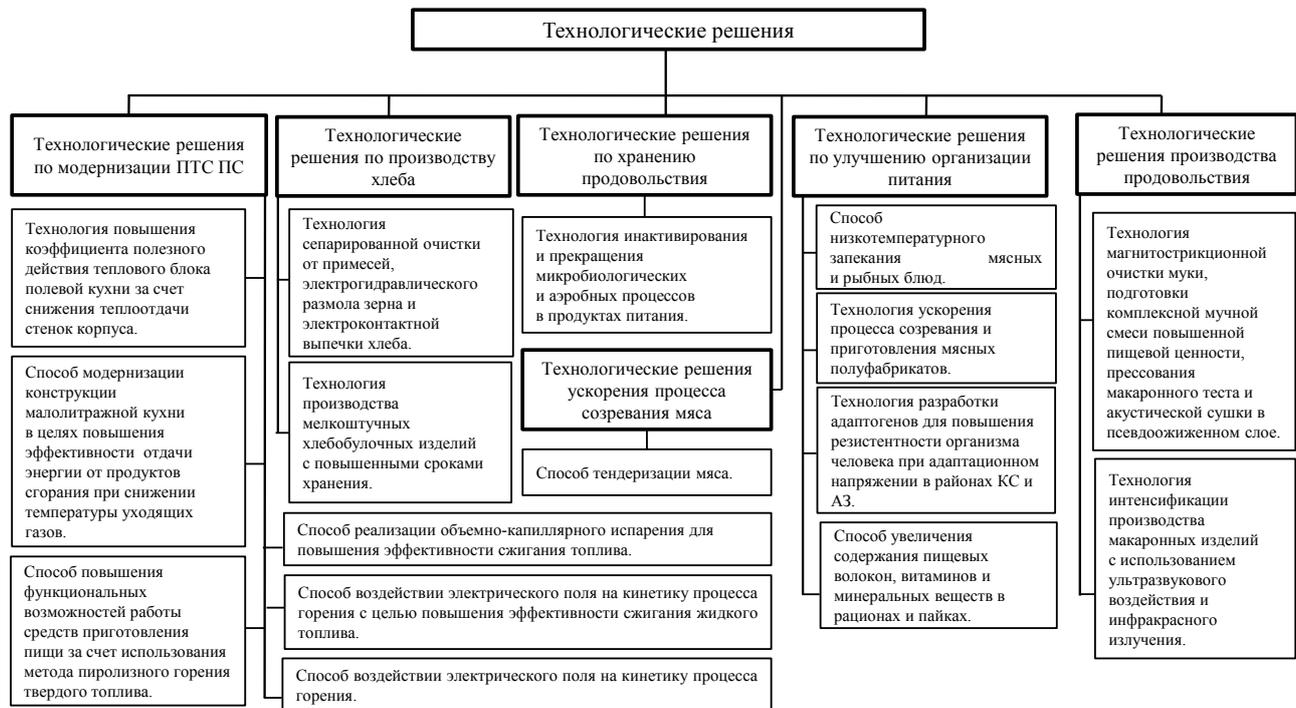


Рисунок 1 – Структура и состав технологических решений по повышению эффективности продовольственного обеспечения Вооруженных сил Российской Федерации

Figure 1 – The Structure and composition of technological solutions for improving the food security of the Armed Forces of the Russian Federation



Рисунок 2 – Модернизированное технологическое оборудование для производства макаронных изделий с говяжьей печенью  
 Figure 2 – Modernized technological equipment for the production of pasta with beef liver

существующей технологией и технологией магнитострикционной очистки муки, подготовки комплексной мучной смеси повышенной пищевой ценности, прессования макаронного теста и акустической сушки в псевдооживленном слое [1] отличается тем, что для витаминизации и обогащения животным белком можно использовать обогащающую добавку – говяжья печень (сырая, охлажденная) в объеме 30 % (к массе продукта).

Технология основана на использовании следующего технологического оборудования: измельчителя говяжьей печени; устройства для ультразвуковой магнитострикционной обработки

муки; макаронного пресса; устройства для ускоренной сушки макаронных изделий (рис. 2).

### Результаты и их обсуждение

Для удаления излишней влаги из консистенции технологического полуфабриката (теста), включающего измельченную говяжью печень, в состав технологического оборудования входит источник инфракрасного излучения. Необходимость его применения обусловлена более высоким значением влажности говяжьей печени (вода – 71 %), чем в сублимационном мясе (вода – 7 %), которое применялось в раннее рассмотренной технологии [1],



Рисунок 3 – Технологические процессы в предлагаемой технологии интенсификации производства макаронных изделий с использованием ультразвукового воздействия и инфракрасного излучения

Figure 3 – Technological processes in the proposed technology of pasta production with the use of ultrasound and infrared radiation

Таблица 1 – Основные преимущества технологии интенсификации производства макаронных изделий с использованием ультразвукового воздействия и инфракрасного излучения

Table 1 – The main advantages of the technology for intensification of pasta production with the use of ultrasound and infrared radiation

Этапы	Преимущества
Подготовка ингредиентов	Минимизирует попадание в тесто бактерий кишечных палочек, патогенных микроорганизмов и плесени. Сокращает время подготовки обогащающей добавки. Снижает количество воды, используемой для замеса.
Приготовление макаронного теста	Позволяет использовать добавку, содержащую животный белок – 17,9 г и ретинол (витамин А) – 8,2 мг в 100 г продукта. Позволяет использовать пшеничную муку с низким содержанием клейковины. Обеспечивает равномерность распределения частиц говяжьей печени в объеме изделий, что повышает прочность макаронных изделий.
Прессование макаронного теста	Способствует механоактивации и деагломерации в процессе компактирования (упрочнение связей частиц муки с говяжьей печенью) частиц муки в изделии. Уменьшаются процессы трения, что снижает температуру в процессе прессования технологических полуфабрикатов. Снижает в 2–5 раза силы трения и давление в матрице и шнековой трубе макаронного пресса. Увеличивает пластичность и снижает внутренние напряжения. Повышает предел прочности макаронных изделий при заметном снижении гигроскопичности. Выделяемая влага на поверхность полуфабриката является своеобразной смазкой при проходе технологического полуфабриката через фильеры матрицы. Увеличивается ресурс пресс-формы на 30–40 %.
Сушка полуфабрикатов макаронных изделий ППЦ	Интенсификация процесса на 24–26 % при одновременном повышении прочности готовых изделий на 20–25 %. Снимаются напряжения между внешними и внутренними слоями структуры макаронных изделий вибрационным способом. Позволяет осуществить щадящие изменения структуры белков и углеводов в макаронном тесте. Снижается микробиальное обсеменение (рН более 4) Снижается влагопоглощение, повышаются потребительские свойства и санитарно-гигиенические показатели макаронной продукции за счет пастеризации.
Стабилизация полуфабрикатов	Повышается прочность макаронных изделий, за счет минимизации микротрещин на поверхности.
Отбраковка и упаковка	Увеличивается срок хранения макаронных изделий. Уменьшается ломкость при транспортировке и хранении.

и способностью инфракрасного излучения длиной волны  $\lambda$  0,77–15 мкм значительно глубже проникать во внутренние слои полуфабриката.

Принципиальная схема технологических процессов в предлагаемой технологии показана на рис. 3.

Сущность технологии заключается в реализации следующих технологических процессов.

#### 1. Подготовка ингредиентов:

– измельчение печени говяжьей до тонкоизмельчённого фарша с частицами размером не более 150 мкм [2];

– подготовка пшеничной муки: взвешивание на весах, рыхление и насыщение муки кислородом (аэрация муки), отделение от муки посторонних включений, магнитострикционная очистка (механическое повреждение поверхности микроорганизмов (деформация структуры грибов, плесени, бактерий)).

#### 2. Приготовление макаронного теста.

В соответствии с рецептурой производится дозирование ингредиентов в соотношении: мука пшеничная высшего сорта – 70–73 %; обогащающая добавка (говяжья печень) – 27–30 %, содержащая животный белок – 17,9 г и витамин А (ретинол), в количестве 8,2 мг на 100 г продукта.

Основные преимущества предлагаемой технологии показаны в табл. 1.

Для определения состава ингредиентов и их количества используется разработанная программа [3–5], результаты вычислений представлены в табл. 2.

Смешивание ингредиентов осуществляется в течение 15–18 мин при подаче воды для замеса температурой 22–25 °С. Тесто доводится до влажности 34–36 % [6–9].

3. Прессование макаронного теста. На данном этапе макаронное тесто с обогащающей добавкой прессуется при давлении ( $P > 10$  МПа) в виде трубчатых изделий диаметром 6 мм в поле ультразвука, воздействие которого осуществляется в зоне макаронной матрицы с частотой  $22 \pm 0,5$  кГц, интенсивностью 1,5–2,0 Вт/см<sup>2</sup>, амплитудой 20 мкм. После прессования полуфабрикаты обдуваются воздухом температурой 22–25 °С и нарезаются длиной 250 мм [11–14]. Принципиальная схема технологического процесса прессования полуфабрикатов макаронных изделий представлена на рис. 4.

Макаронное тесто, содержащее пшеничную муку мягких сортов и добавку (говяжью печень), имеет относительно низкую долю основного структурообразующего компонента изделий – клейковинных белков. В результате прессование

Таблица 2 – Сравнительная характеристика пищевой ценности макаронных изделий, изготовленных по традиционной и предложенной технологиям

Table 2 – Comparative characteristics of the nutritional value of macaroni products manufactured according to the traditional and the proposed technologies

№ п/п	Вещество	Макаронные изделия с говяжьей печенью	Традиционные макаронные изделия	Сравнительная характеристика
1.	Вода, г	11,0	13,0	
2.	Белок, г	12,93	10,8	+ 2,13
3.	Жир, г	2,02	1,3	+ 0,72
4.	Насыщенные жирные кислоты, г	0,53	0,2	+ 0,33
5.	Калий, мг	168,5	122,1	+ 46,4
6.	Натрий, мг	33,3	3,1	+ 30,2
7.	Фосфор, мг	154,4	86,2	+ 68,2
8.	Аскорбиновая кислота, мг	9,9	0,0	+ 9,9
9.	Ретинол, мг	2,46	0,0	+ 2,46
10.	Каротин, мкг	0,3	0,0	+ 0,3
11.	Витамин Е, мг	3,1	0,0	+ 25,8
12.	Витамин В12, мг	18,1	0,0	+ 18,1
13.	Ниацин, мг	3,54	1,2	+ 2,34
14.	Энергетическая ценность, ккал	271,9	334	- 62,1

полуфабрикатов макаронных изделий под воздействие ультразвука на молекулярном уровне происходит более плотная укладка макромолекул макаронного теста и улучшаются физические свойства макаронных изделий [15].

4. Процесс сушки включает в себя два этапа. Первый этап – сверхвысокотемпературный. Осуществляется в течение 2 мин при температуре воздуха +95 °С, влажности 95 %, уровне звукового давления 140 дБ, интенсивности инфракрасного излучения 3,6 мкм. Второй этап – высокотемпературный. Он осуществляется в течении 53 мин при температуре

+60 °С, влажности 70 %, уровне звукового давления 140 дБ, интенсивности инфракрасного излучения 3,6 мкм. До влажности готовых изделий 11 % (рис. 5) [16, 17].

Сушка макаронных изделий в предлагаемой технологии эффективнее существующей за счет комплексного воздействия инфракрасного и ультразвукового излучения на технологический полуфабрикат.

Интенсифицируя процесс парообразования и подвижности частиц теста ультразвуком и инфракрасным излучением во всем объеме,

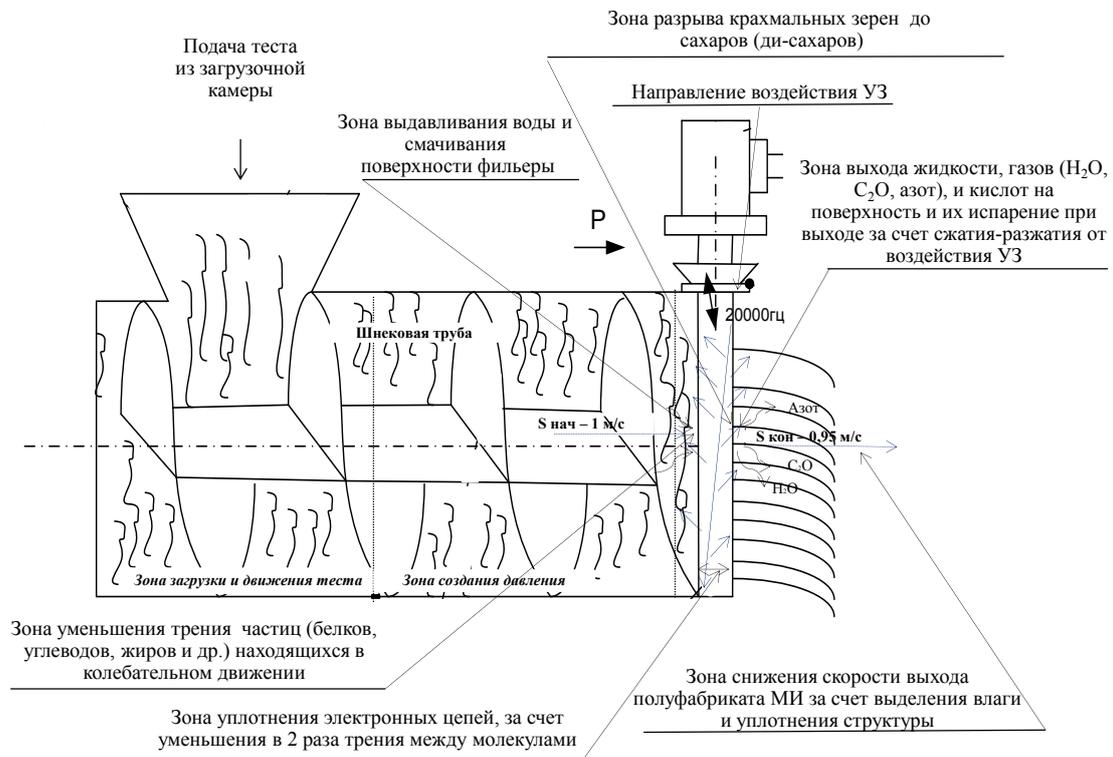


Рисунок 4 – Принципиальная схема технологического процесса прессования полуфабрикатов

Figure 4 – The schematic diagram of the technological extrusion process



Показатели	Время, т мин											
	0	2	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
Температура ИМ, °С	40	83	75	70	62	60	56	54	52	50	49	48
Влажность МИ, %	32	31	29	25	20	16	13	12	12	11	11	11
Уплотнение, г/см <sup>3</sup>	1	1	1	1,1	1,15	1,2	1,25	1,3	1,35	1,39	1,41	1,43
Сила излома, кг/см <sup>2</sup>	0,5	1	2	2,5	3,0	3,5	4	4,2	4,58	4,61	4,62	4,65

Рисунок 5 – Изменение физико-химических показателей макаронных изделий в процессе сушки

Figure 5 – The change in the physico-chemical properties of pasta in the drying process

удается добиться структурного видоизменения высушиваемых макаронных изделий, более плотной укладки длиннополимерных молекул теста и снижения количества микротрещин [18, 19].

Комплексное воздействие ультразвука и инфракрасного излучения не только значительно сокращает весь производственный цикл, но и повышает качество изделий: прочность, снижаются влагопоглощение и потери питательной ценности при хранении; готовые изделия не слипаются при варке; сохраняют правильную форму; существенно повышаются санитарно-гигиенические показатели за счет пастеризации.

Во время сушки акустические колебания проникают в поры и трещины макаронных изделий и создают в них быстро сменяющиеся зоны

повышенного и разреженного давления, играя роль насоса влаги из глубинных слоев.

Кроме того, ультразвук увеличивает интенсивность теплообмена в 2–2,5 раза за счет завихрений и создания в результате этого утонченного слоя паровоздушной смеси на поверхности изделий. Это резко снижает термическое сопротивление передачи теплоты от сушильного воздуха и способствует активной денатурации и обезвоживанию белков [20].

Основными действующими факторами ускорения сушки являются повышенный коэффициент теплоотдачи и снижение вязкости жидкости от ультразвука, что ускоряет перемещение влаги по капиллярам из глубины теста на поверхность.

При интенсивности ультразвука 140 дБ из-за пульсации давления происходит сильная турбулизация приповерхностного слоя увлажненного воздуха и отрыв его от изделия, происходит активное удаление влаги в объеме камеры [21].

Также вибрационное ультразвуковое воздействие ведет к формированию более монолитной структуры изделия.

Следует отметить, что быстрая сушка без ультразвука приводит к деформации и разрушению изделий, а более медленная сушка ведет к микробиологической порче.

5. Стабилизация макаронных изделий отличается от известных технологий тем, что процесс осуществляется в течение 150 минут под воздействием ультразвука (уровень звукового давления 140 дБ), непосредственно в устройстве для ускоренной сушки макаронных изделий при скорости воздуха 1 м/с и температуре внутри сушильной камеры 25–30 °С. Охлаждение макаронных изделий происходит в течение 1 часа за счет подачи в сушильную камеру воздуха с температурой окружающей среды при воздействии ультразвука. Это значительно ускоряет процесс стабилизации напряжения между внешними и внутренними слоями и позволяет значительно снизить интенсивность биологических процессов (рис. 6).

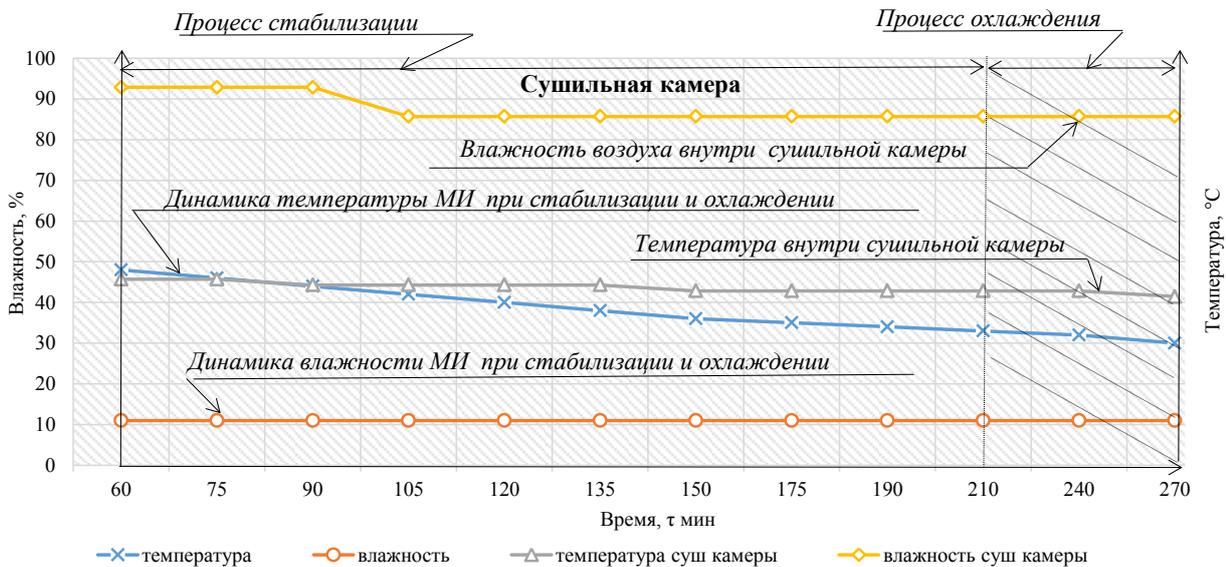


Рисунок 6 – Динамика физико-химических показателей макаронных изделий в процессе стабилизации и охлаждения

Figure 6 – The dynamics of physico-chemical properties of pasta in the process of stabilization and cooling

6. Технологический процесс отбраковки лома макаронных изделий и их упаковка отличаются от традиционной тем, что осуществляется в термопакеты с использованием азота. Масса термопакета 5 кг.

### Выводы

Модернизация технологического оборудования позволила обеспечить: возможность производства макаронных изделий с животным белком, (обогащающая добавка говяжьей печени в объеме 30 %), что обеспечило повышение содержания питательных веществ (в частности ретинола – витамина А, минеральных веществ, микроэлементов, омега-3 и омега-6 жирных кислот), из муки хлебопекарной мягких сортов; уплотнение структуры полуфабриката и уменьшение его ломкости, при одновременном повышении предела прочности готовых изделий на 20–25 %; улучшение потребительских свойств, а также санитарно-гигиенических показателей

макаронной продукции за счет ее пастеризации; снижение влагопоглощаемости и потерь питательной ценности при хранении; производство качественных макаронных изделий влажностью 11 %, актуальных для питания военнослужащих в районах Арктической зоны; расширение ассортимента продуктов продовольственного пайка и повысить пищевую ценность без увеличения массы продовольственного пайка.

### Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

### Благодарности

Выражаю благодарность профессорско-преподавательскому составу кафедры «Процессы и аппараты пищевых производств» ИТМО города Санкт-Петербург.

### Список литературы

1. Романчиков, С. А. Инновационная технология макаронных изделий повышенной пищевой ценности с использованием ультразвуковой магнитоотриционной обработки муки / С. А. Романчиков // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2018. – Т. 362–363, № 2–3. – С. 56–61.
2. Пат. 2591458 Российская Федерация, МПК А23L 7/109. Способ производства макаронных изделий / Романчиков С. А., Кобыда Е. В., Заньков П. Н. [и др.]; заявитель и патентообладатель ФГКВОУ ВПО ВАМТО. – № 2013128514/13; заявл. 21.06.2013; опубл. 20.07.2016; Бюл. № 20. – 24 с.
3. Программа по расчету химического состава и энергетической ценности макаронных изделий с добавками : свид. 2014617950 Рос. Федерация: Пахомов В. И. [и др.] // заявитель и СПб. ВАМТО. – № 2014615648; заявл. 06.08.14; опубл. 20.09.14; Бюл. № 9.
4. Вржесинская, О. А. Использование в питании человека обогащенных пищевых продуктов: оценка максимально возможного поступления витаминов, железа, кальция / О. А. Вржесинская, В. М. Коденцова // Вопросы питания. – 2007. – Т. 76, № 4. – С. 41–48.
5. Коденцова, В. М. Анализ отечественного и международного опыта использования обогащенных витаминами пищевых продуктов / В. М. Коденцова, О. А. Вржесинская // Вопросы питания. – 2016. – Т. 85, № 2. – С. 31–50.
6. Осипова, Г. А. Способы повышения биологической ценности макаронных изделий: монография / Г. А. Осипова, С. Я. Корячкина, А. Н. Волчков // Орловский государственный университет имени И. С. Тургенева. – Орёл, 2010. – 159 с.
7. Корячкина, С. Я. Использование мясных продуктов в производстве макаронных изделий / С. Я. Корячкина, Г. А. Осипова // Известия вузов. Пищевая технология. – 2004. – Т. 279–280, № 2–3. – С. 42–45.
8. Корячкина, С. Я. Способ производства макаронных изделий из нетрадиционного сырья / С. Я. Корячкина, Г. А. Осипова // Известия вузов. Пищевая технология. – 2006. – Т. 295, № 6. – С. 33–35.
9. Реологические свойства макаронного теста с белковыми добавками / В. П. Корячкин, С. Я. Корячкина, Г. А. Осипова [и др.] // Хлебопродукты. – 2009. – № 4. – С. 44–45.
10. Пат. 2530999 Российская Федерация, МПК А21С 3/04, А21С 11/16, А21С 11/20. Макаронный пресс / Романчиков С. А., Кобыда Е. В., Заньков П. Н. [и др.]; заявитель и патентообладатель ФГКВОУ ВПО ВАМТО. – № 2013119015/13; заявл. 23.04.2013; опубл. 20.10.2014; Бюл. № 29. – 12 с.
11. Николук, О. И. Инновационные решения для повышения пищевой ценности продовольственного пайка / О. И. Николук, С. А. Романчиков // «Ресурсное обеспечение силовых министерств и ведомств: вчера, сегодня, завтра» : сборник статей II Международной научно-практической конференции / Пермский военный институт войск национальной гвардии Российской Федерации. – Пермь, 2016. – С. 308–311.
12. Кобыда, Е. В. Макаронный пресс с излучателем ультразвука / Е. В. Кобыда, Е. И. Верболоз, В. Т. Антупьев // Хлебопродукты. – 2014. – № 4. – С. 44–45.
13. Поглощение ультразвука макаронным тестом при прессовании / Е. И. Верболоз, Е. В. Кобыда, Б. А. Вороненко [и др.] // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. – 2014. – Т. 19, № 1. – С. 80–87.
14. Романчиков, С. А. Исследование структурно-механических свойств макаронных изделий повышенной пищевой ценности в поле ультразвука / С. А. Романчиков // Сборник научных статей международной научно-практической конференции «Современные технологии продуктов питания» / Юго-Западный государственный университет. – Курск, 2014. – С. 180–183.
15. Пат. 167724 Российская Федерация, МПК А21С 9/00. Устройство для сушки макаронных изделий ускоренным способом / Верболоз Е. И., Николук О. И. и др.; заявитель и патентообладатель ФГКВОУ ВПО ВАМТО (RU). – № 2016123879/13; заявл. 15.06.2016; опубл. 10.01.2017; Бюл. № 1. – 10 с.

16. Верболюз, Е. И. Применение ультразвука при сушке макаронных изделий с белковыми добавками / Е. И. Верболюз, О. И. Николук // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2017. – Т. 79, № 1. – С. 50–54. DOI: <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2017-1-50-54>.
17. Пат. 2630455 Российская Федерация, МПК А23L 7/109. Способ ускоренной сушки макаронных изделий с добавками / Романчиков С. А.; заявитель и патентообладатель ФГКВБОУ ВПО ВАМТО (RU). – № 2017102098/13; заявл. 23.01.2017; опубл. 08.10.2017; Бюл. № 25. – 98 с.
18. Верболюз, Е. И. Инновационная технология и оборудование для производства макаронных изделий с высокобелковой добавкой / Е. И. Верболюз, В. Т. Антуфьев, О. И. Николук // Хлебопродукты. – 2016. – № 11. – С. 44–47.
19. Николук, О. И. Влияние ультразвукового способа сушки на качество макаронных изделий с печенью / О. И. Николук // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2016. – Т. 69, № 3. – С. 189–194. DOI: <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2016-3-189-194>.
20. Николук, О. И. Результаты экспериментальных исследований применения ультразвука при сушке макаронных изделий с белковыми добавками / О. И. Николук // Вестник ВГУИТ. – 2016. – № 4. – С. 79–85.

## References

1. Romanchikov S.A. Innovative technology of pasta of the increased nutrition value with use of ultrasonic/magnetostrictive processing of flour. *News institutes of higher Education. Food technology*, 2018, vol. 362–363, no. 2–3, pp. 56–61. (In Russ.).
2. Romanchikov S.A., Kobyda E.V., Zan'kov P.N., et al. *Sposob proizvodstva makaronnykh izdeliy* [Method of pasta production]. Patent RF, no. 2591458, 2013.
3. Pakhomov V.I., et al. *Programma po raschetu khimicheskogo sostava i ehnergeticheskoy tsennosti makaronnykh izdeliy s dobavkami* [Program for calculating the chemical composition and energy value of pasta with additives]. Certificate RE, no. 2014617950, 2014.
4. Vrzhesinskaya O.A. and Kodentsova V.M. Enriched foodstuffs: the estimation of the maximal possible intake of vitamins, iron, calcium. *Problems of Nutrition*, 2007, vol. 76, no. 4, pp. 41–48. (In Russ.).
5. Kodentsova V.M. and Vrzhesinskaya O.A. The analysis of domestic and international policy of food fortification with vitamins. *Problems of Nutrition*, 2016, vol. 85, no. 2, pp. 31–50. (In Russ.).
6. Osipova G.A., Koryachkina S.Ya., and Volchkov A.N. *Sposoby povysheniya biologicheskoy tsennosti makaronnykh izdeliy* [Methods of increasing the biological value of pasta]. Orel: I.S. Turgenev Orel State University Publ., 2010. 159 p. (In Russ.).
7. Koryachkina S.Ya. and Osipova G.A. Ispol'zovanie myasnykh produktov v proizvodstve makaronnykh izdeliy [The use of meat products in the production of pasta]. *News institutes of higher Education. Food technology*, 2004, vol. 279–280, no. 2–3, pp. 42–45. (In Russ.).
8. Koryachkina S.Ya. and Osipova G.A. Sposob proizvodstva makaronnykh izdeliy iz netraditsionnogo syr'ya [Method for the production of pasta from non-traditional raw materials]. *News institutes of higher Education. Food technology*, 2006, vol. 295, no. 6, pp. 33–35. (In Russ.).
9. Koryachkin V.P., Koryachkina S.Ya., Osipova G.A., and Volchkov A.N. Reologicheskie svoystva makaronnogo testa s belkovymi dobavkami [Rheological properties of macaroni dough with protein additives]. *Bread products*, 2009, no. 4, pp. 44–45. (In Russ.).
10. Romanchikov S.A., Kobyda E.V., Zan'kov P.N., et al. *Makaronnyy press* [Pasta Press]. Patent RF, no. 2530999, 2014.
11. Romanchikov S.A. and Nikoluyuk O.I. Innovative solutions for increasing the nutritional value of food rations. “Resursnoe obespechenie silovykh ministerstv i vedomstv: vchera, segodnya, zavtra”: sbornik statey II Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii [“Resource provision of military ministries and departments: yesterday, today, tomorrow”: collection of articles of the II International Scientific practical conference]. Perm, 2016. pp. 308–311. (In Russ.).
12. Kobyda E.V., Verboloz E.I., and Antufiev V.T. Macaroni press with an ultrasonic radiator. *Bread products*, 2014, no. 2, pp. 44–45. (In Russ.).
13. Verboloz E.I., Voronenko B.A., Kobyda E.V., and Verbitsky V.N. Ultrasound Absorption by pasta dough during pressing. *Scientific Journal NRU ITMO. Processes and Food Production Equipment*, 2014, vol. 19, no. 1, pp. 80–87. (In Russ.).
14. Romanchikov S.A. Issledovanie strukturno-mekhanicheskikh svoystv makaronnykh izdeliy povyshennoy pishchevoy tsennosti v pole ul'trazvuka [A study of the structural and mechanical properties of pasta products with increased nutritional value in the field of ultrasound]. *Sbornik nauchnykh statey mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii “Sovremennye tekhnologii produktov pitaniya”* [Collection of scientific articles of the international scientific-practical conference “Modern food technologies”]. Kursk, 2014, pp. 180–183. (In Russ.).
15. Verboloz E.I., Nikoluyuk O.I., et al. *Ustroystvo dlya sushki makaronnykh izdeliy uskorennyim sposobom* [Device for accelerated drying of pasta]. Patent RF, no. 167724, 2017.
16. Verboloz E.I. and Nikoluyuk O.I. The use of ultrasound in the process of drying pasta with protein supplements. *Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies*, 2017, vol. 79, no. 1, pp. 50–54. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2017-1-50-54>.
17. Romanchikov S.A. *Sposob uskorennoy sushki makaronnykh izdeliy s dobavkami* [Method of accelerated drying of pasta with additives]. Patent RF, no. 2630455, 2017.

18. Verboloz E.I., Antufyev V.T., and Nikolyuk O.I. Innovative technology and equipment for production of pasta with high-protein additives. *Bread products*, 2016, no. 11, pp. 44–47. (In Russ.).
19. Nikolyuk O.I. Influence of ultrasonic drying method on the quality of pasta with liver. *Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies*, 2016, vol. 69, no. 3, pp. 189–194. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2016-3-189-194>.
20. Nikolyuk O.I. Rezul'taty ehksperimental'nykh issledovaniy primeneniya ul'trazvuka pri sushke makaronnykh izdeliy s belkovymi dobavkami [Results of experimental studies of the use of ultrasound in drying of pasta with protein additives]. *Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies*, 2016, no. 4, pp. 79–85. (In Russ.).

**Романчиков Сергей Александрович**

канд. техн. наук, докторант Военной академии материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева, 199034, Россия, г. Санкт-Петербург, наб. Макарова, 8, тел.: +7 (911) 209-49-67, e-mail: [romanchkovspb@mail.ru](mailto:romanchkovspb@mail.ru).

 <https://orcid.org/0000-0003-4387-6822>

**Sergei A. Romanchikov**

Cand.Sci.(Eng.), Doctoral student of the A.V. Khruyov Military Educational Institution of Logistics, 8, Makarov Emb., Saint Petersburg, 199034, Russia, phone: +7 (911) 209-49-67, e-mail: [romanchkovspb@mail.ru](mailto:romanchkovspb@mail.ru).

 <https://orcid.org/0000-0003-4387-6822>

## Разработка рецептуры и технологии получения биологически активной добавки к пище с использованием природных компонентов

С. О. Смирнов, О. Ф. Фазуллина\*

ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем  
им. В.М. Горбатова» РАН,  
142718, Россия, Московская область,  
Ленинский район, пос. Измайлово, 22,

Дата поступления в редакцию: 10.08.2018  
Дата принятия в печать: 20.09.2018

\*e-mail: [olfazullina@yandex.ru](mailto:olfazullina@yandex.ru)



© С. О. Смирнов, О. Ф. Фазуллин, 2018

**Аннотация.** В статье приведены результаты исследований по разработке рецептуры и технологии получения биологически активной добавки (БАД) к пище с потенциальной адаптогенной, антиоксидантной, гепатопротекторной активностью с использованием природного минерально-органического субстрата (мумие) и растительного сырья как источников природных биологически активных веществ (БАВ). Актуальность исследования обусловлена необходимостью более эффективного использования природных биологически активных соединений, необходимостью расширения ассортимента отечественных БАД с натуральными компонентами и замещения импорта. В работе использовали стандартные методы исследований. На основании литературных данных и результатов проведенных исследований выбрано перспективное сырье, содержащее БАВ, оценены безопасность и потенциальные свойства. Экспериментально определено содержание БАВ в сырье и в опытно образце БАД. Проведена проверка на совместимость при смешивании. Научно обоснованы пять рецептов с различной комбинацией природных компонентов в составе. Изучены физико-химические и технологические свойства смеси сухих экстрактов, определяющие выбор технологии и качество готового продукта. Описана технология получения капсулированной БАД на основе сухих экстрактов лекарственных растений и мумие. Преимущество технологии заключается в использовании природных компонентов, разрешенных к применению, и специальных способах обработки, максимально сохраняющих БАВ. Использован метод влагоактивизированной грануляции. В качестве увлажняющего агента использовали этиловый спирт в концентрации 20 %. В качестве вспомогательных веществ для получения гранулята использовали лактозу (Россия) и AEROSIL® 200 Pharma (Evonik Industries, Германия). На основании полученных результатов был разработан состав капсул с дозировкой 700 мг. Разработанная БАД может производиться на предприятиях пищевого концентратной и фармацевтической промышленности.

**Ключевые слова.** БАД, лекарственные растения, мумие, сухие экстракты

**Для цитирования:** Смирнов, С. О. Разработка рецептуры и технологии получения биологически активной добавки к пище с использованием природных компонентов / С. О. Смирнов, О. Ф. Фазуллин // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 3. С. 105–114. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-3-105-114>.

Original article

Available online at <http://fptt.ru/>

## Formula and Technology Development for Obtaining Biologically Active Natural Food Additives

S.O. Smirnov, O.F. Fazullina\*

V.M. Gorbatov Research Center for  
Food Systems of Russian Academy of Sciences  
22, Izmailovo settlement, Leninsky district,  
Moscow region, 142718, Russia,

Received: August 10, 2018  
Accepted: September 20, 2018

\*e-mail: [olfazullina@yandex.ru](mailto:olfazullina@yandex.ru)



© S.O. Smirnov, O.F. Fazullina, 2018

**Abstract.** The research featured the development of formulae and technologies for the production of biologically active additives (BAA) for functional foods with potential adaptogenic, antioxidant, and hepatoprotective properties. Shilajit, a natural mineral-organic substrate, and various plant materials were used as sources of natural biologically active substances (BAS). The relevance of the study comes from the need for more efficient use of natural biologically active compounds, as well as from the need to expand the range of domestic dietary supplements with natural ingredients, which resulted from the current import substitution. Scientific data and experimental studies made it possible to choose advantageous raw materials with BAS and to assess their safety and potential properties. An experiment determined the content of BAS in the raw materials and in the control samples. A compatibility test was

conducted by mixing. As a result, five formulae with various combinations of natural components in the composition were scientifically substantiated. The authors defined the physicochemical and technological properties of the mixtures of dry extracts that determined the choice of technology and the quality of the finished product. The present paper also describes technology of obtaining encapsulated dietary supplements based on dry extracts of medicinal plants and shilajit. The advantage of the technology lies in the use of natural components and special processing methods of BAS preservation. The research included the method of water-activated granulation while 20% ethyl was used as a wetting agent. To obtain the granulate, lactose (Russia) and AEROSIL® 200 Pharma (Evonik Industries, Germany) were used as additive agents. As a result, capsules with a dosage of 700 mg were developed. The BAA can be produced on food and pharmaceutical plants.

**Keywords.** Biologically active additives, dietary supplement, medicinal plants, mummy, dry extracts

**For citation:** Smirnov S.O. and Fazullina O.F. Formula and Technology Development for Obtaining Biologically Active Natural Food Additives. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2018, vol. 48, no. 3, pp. 105–114. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-3-105-114>.

## Введение

Неполноценное питание определяется специалистами как одна из основных причин заболеваемости. Отклонения от сбалансированного питания ведут к различным нарушениям в работе систем организма и снижению его защитных свойств. Оптимальным способом решения этой проблемы является использование БАД к пище. Использование в лечебных целях растений, мумие и других природных продуктов давно известны у разных народов. Несмотря на современные достижения химии и технологии, натуральные препараты все также популярны и актуальны. В качестве источников дефицитных компонентов могут использоваться пищевые и лекарственные растения, продукты пчеловодства, природные минерально-органические субстраты и др. Использование природных источников БАВ оправдано с научной и экономической точки зрения, так как содержание в них биологически активных соединений значительно выше, чем в традиционных пищевых продуктах. Получение БАВ из доступного природного сырья служит достойной альтернативой искусственно создаваемым препаратам, которые постоянно дорожают [1–3].

С развитием техники и технологии стало возможным извлечение БАВ и их анализ на высоком техническом уровне, в том числе с применением требований доказательной медицины. Основные преимущества натуральных препаратов, такие как относительно малая токсичность, хорошая переносимость, возможность длительного использования без опасности возникновения серьезных осложнений, делают перспективными изучение и разработку на их основе БАД для поддержания и восстановления здоровья, а также для профилактики и лечения многих серьезных заболеваний [4–14].

Разработка БАД направлена на изучение БАВ природных объектов в отношении адаптогенной активности, применения в качестве иммуномодуляторов, тонизирующих и общеукрепляющих средств.

В действии растительных адаптогенов, направленном на формирование состояния неспецифической повышенной сопротивляемости и повышение устойчивости к нагрузкам, можно выделить несколько основных состояний: психоэмоциональная стабилизация, повышение

умственной и физической работоспособности, понижение чувствительности к инфекциям и т.п. Такими свойствами обладают большинство растительных адаптогенов. В различных литературных источниках представлены сведения и результаты опытов *in vitro* и *in vivo*, подтверждающие наличие у растительных адаптогенов широкого спектра фармакологической активности, таких как психостабилизирующие, иммуномодулирующие, хронотропные, противобластные, кардиопротективные и некоторые другие лечебные свойства. Фармакологически активные компоненты женьшеня, элеутерококка, родиолы и других фитоадаптогенов относят к разряду иммуномодуляторов, отмечая их модуляторную активность, позволяющую применять их в прямо противоположных клинических случаях. Антистрессорные возможности растительных адаптогенов проявляются вне зависимости от того, в какую фазу стрессорной реакции их используют. В фазу тревоги они будут приводить к ограничению повышенного иммунного ответа, в фазу истощения – к его мобилизации [6–8, 12].

В виде БАД как чистые препараты, так и всевозможные их комбинации, растительные адаптогены вошли в медицинскую практику, в том числе спортивную, многих стран [6–8, 15, 16].

Мумие относится к средствам неспецифического иммуностимулирующего действия и содержит макро- и микроэлементы. Комплекс веществ оказывает благоприятное влияние на биохимические и физиологические процессы, обмен веществ, работу ферментных систем, что способствует усилению сопротивляемости и адаптации организма [6, 17, 18].

Целью работы является разработка рецептуры и технологии получения БАД с заданными характеристиками с использованием растительного сырья и минерально-органического субстрата (мумие).

Диапазон применения БАД подтверждает обоснованность и необходимость их применения для коррекции, профилактики и лечения [1–22]. В связи с этим исследования по разработке новых БАД с использованием минерально-органического субстрата (мумие) и лекарственных растений имеют хорошую перспективу.

## Объекты и методы исследований

В качестве объектов исследований выбраны сухие экстракты из различных частей разрешенных к

применению лекарственных растений: элеутерококк колючий (*Eleutherococcus senticosus* (Rupr. ex Maxim) Maxim), солодка голая (*Glycyrrhiza glabra* L.), расторопша пятнистая (*Silybum marianum* (L.) Gaertn.), женьшень обыкновенный (*Panax ginseng* С.А.Мей.), эхинацея пурпурная (*Echinacea purpurea* (L.) Moench.), родиола розовая (*Rhodiola rosea* L.), большеголовник сафлоровидный или левзея сафлоровидная (*Stemmacantha carthamoides* (Willd.) Dittrich или *Leuzea carthamoides* (Willd.) DC.), выработанные на ООО «Казанский завод экстрактов» (Россия), мумие очищенное СоГР № RU.77.99.11.003.E.008742.10.14 от 03.10.2014 г. («Эвалар», Россия), а также опытный образец БАД к пище.

При выполнении работы использовались следующие методы:

– определение содержания БАВ в сырье (сухие экстракты) и опытным образце БАД: содержание гидроксикоричных кислот (кафтаровой, цикоревой, кофейной) в экстракте эхинацеи; глицирризиновой кислоты в экстракте солодки; экидистена в экстракте левзеи; салидрозида и розавина в экстракте родиолы; элеутерозидов (В и Е) в экстракте элеутерококка; флаволигнанов (изосиликристиин, силикристиин, силидианин, силибин А, силибин В, изосилибин А, изосилибин В) в экстракте расторопши; гинсенозидов (панаксозид Rg1, панаксозид Re, панаксозид Rb1, панаксозид Rc, панаксозид Rb2, панаксозид Rd) в экстракте женьшеня – методами высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) на основе «Руководства по методам контроля качества и безопасности БАД к пище» Р 4.1.1672-03 и ГОСТ Р 53185-2008;

– гранулометрический состав образца БАД определяли в соответствии с ОФС.1.1.0015.15 «Ситовой анализ» на установке для ситового анализа VT Erweka (Германия);

– насыпную плотность определяли в соответствии с ОФС.1.4.2.0016.15 «Степень сыпучести порошков» на тестере насыпной плотности «SVM 121» Erweka;

– сыпучесть и угол естественного откоса образцов определяли в соответствии с ОФС.1.4.2.0016.15 «Степень сыпучести порошков» на тестере сыпучести Erweka GTB.

Исследования выполняли на базе технологической лаборатории НИИ ПП и СПТ – филиала ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» и в лаборатории метаболомного и протеомного анализа ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии».

### Результаты и их обсуждение

Научное обоснование использования компонентов в составе БАД в качестве источников БАВ базируется на расчетных данных, полученных по ориентировочному их поступлению с суточным рационом («Единые санитарно-эпидемиологические и гигиенические требования к продукции (товарам), подлежащей санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю)» Приложение № 5) [23].

Подбор компонентов БАД выполнен с учетом данных литературных источников о химическом

составе и фармакологическом действии на организм человека содержащихся в них БАВ [1, 2, 4–8, 12, 15–18]. Были изучены «Золотое мумие» – мумие алтайское очищенное производства фирмы «Эвалар» (Россия) и следующие лекарственные растения [17, 18]: – Солодка или лакричный корень (*Glycyrrhiza glabra* L.) применяется как противовоспалительное, антисептическое, спазмолитическое средство. Очищает легкие при всевозможных бронхитах и пневмонии, проявляет иммунокорректирующее и откашливающее действие. Может применяться как легкий антидепрессант.

– Элеутерококк колючий (*Eleutherococcus senticosus* (Rupr. ex Maxim) Maxim) регулирует метаболизм, повышает стрессоустойчивость, внимание и адаптогенные свойства организма, физическую и умственную работоспособность, нормализует артериальное давление, нормализует уровень сахара и гемоглобина в крови.

– Расторопша пятнистая (*Silybum marianum* (L.) Gaertn.). Признанный гепатопротектор, улучшает антиоксидантную и детоксикационную функции печени, активирует синтез глутатиона, который является источником антиоксидантов, ускоряет регенерацию поврежденных клеток печени. Защищает нормальные гепатоциты от повреждения, повышая устойчивость к инфекционным агентам и токсинам. Обеспечивает защитное и восстанавливающее действие на мембраны клеток, активирующие рост новых клеток и синтез белковых молекул, увеличивающие выработку желчи и нейтрализующее действие ядовитых веществ. Положительно влияет на кровь и иммунную систему, снижает уровень сахара, холестерина и количество липопротеидов высокой плотности в кровотоке, увеличивает воспроизводство Т-лимфоцитов.

– Женьшень настоящий (корень) (*Panax ginseng* С.А.Мей.) оказывает тонизирующее и обезболивающее действие. Используется при лечении множества заболеваний. Лечит слабости и недомогания, вызванные переутомлением, тяжелым физическим трудом. Препараты женьшеня укрепляют лёгкие и желудок, улучшают состояние сосудов, повышают работоспособность, избавляют от головных болей и от головокружения, от одышки, от частых простуд, от депрессии. Оказывает успокаивающее действие при неврозах и стрессах.

– Родиола розовая (*Rhodiola rosea* L.) улучшает работу сердца, способствует выделению желчи. Содержит органические и неорганические активные вещества, основное из которых гликозид салидрозид, обеспечивающее иммунокорректирующее, стимулирующее и антибактериальное действие.

– Левзея сафлоровидная (*Stemmacantha carthamoides* (Willd.) Dittrich или *Leuzea carthamoides* (Willd.) DC.) обеспечивает иммунокорректирующее и стимулирующее действие на центральную нервную систему. Основным действующим началом левзеи являются фитоэкидоны.

– Эхинацея пурпурная (*Echinacea purpurea* (L.) Moench.) обладает противолучевым, метаболическим,

тонирующим, иммуностимулирующим, анти-микробным, противовирусным, фунгицидным и противовоспалительным действием. Является источником поступления гидроксикоричных кислот (цикориевая, кафтаровая). Препараты эхинацеи с осторожностью назначают при хронических заболеваниях печени, хроническом алкоголизме, сахарном диабете.

– Мумие алтайское очищенное (*Altai Depuratus tumijo*) – природный биостимулятор. Способствует регенерации поврежденных тканей, обладает иммуномодулирующей, антисептической, противовоспалительной активностью. Применяется при ожогах и травмах, язвенной болезни, заболеваниях органов дыхания, при иммунодефицитных состояниях и т.п. Источник поступления гуминовых кислот [6, 17, 18].

«Золотое мумие» («Эвалар», Россия) содержит гуминовых кислот не менее 6 мг в 200 мг сухого экстракта, что составляет 12 % от рекомендуемого уровня суточного потребления (адекватного уровня).

Включение перечисленных компонентов поможет обеспечить тонизирующие, адаптогенные и антиоксидантные свойства разработанной БАД.

Исследуемые растения являются фармакопейными, суточная доза их в БАД не должна превышать однократной терапевтической дозы, определенной при применении в качестве лекарственных средств, при условии приема препаратов не менее двух раз в сутки [5, 17, 23, 24].

Компоненты используются в лекарственных сборах и фармакопейных препаратах. Они используются традиционно и при условии правильного дозирования и применения не вызывают опасений.

В исследовании использовались лекарственные растения в виде сухих экстрактов, так как они имеют высокое содержание БАВ и малый объем. Экстракты выработаны на ООО «Казанский завод экстрактов» (Россия) вакуумной экстракцией с использованием в качестве экстрагента воды и этанола и представляют собой тонкодисперсные порошки со специфическим запахом. Результаты санитарно-химических и санитарно-микробиологических исследований сухих экстрактов показали их гигиеническое благополучие.

Многокомпонентность состава БАД определила необходимость подтверждения безопасности и подлинности. Для оценки качества и стандартизации многокомпонентных продуктов, в том числе содержащих растительные экстракты, актуальна идентификация БАВ с помощью современных хроматографических методов, которые позволяют определить содержание действующих и/или индикаторных компонентов, обладающих потенциальной биологической или фармакологической активностью.

Определение содержания БАВ с потенциальными антиоксидантными и адаптогенными свойствами в сырье (сухие экстракты) и опытном образце БАД и проведение проверки на совместимость при смешивании были выполнены в лаборатории метаболомного и протеомного анализа ФИЦ «Пита-

ния и биотехнологии» методами высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) на основе «Руководства по методам контроля качества и безопасности БАД к пище» Р 4.1.1672-03 и ГОСТ Р 53185-2008. Результаты исследования приведены в таблице 1.

Проведенные исследования позволяют оценивать разрабатываемую рецептуру БАД с точки зрения обеспечения поступления БАВ на уровнях, сопоставимых с рекомендуемыми адекватными уровнями суточного потребления согласно единым санитарно-эпидемиологическим и гигиеническим требованиям к продукции (товарам), подлежащей санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю) [23].

Образец БАД для исследования содержания БАВ был выработан по расчетной рецептуре. Учитывая полученные значения фактического содержания БАВ в экстрактах (таб. 1), мы скорректировали расчетную рецептуру: исключили левзею и эхинацею из-за недостаточного для нашей работы содержания в них БАВ и пересчитали процентные соотношения компонентов.

Содержание экстрактов в рецептуре БАД можно варьировать в пределах допустимых значений

Таблица 1 – Содержание БАВ в сырье и опытном образце БАД

Table 1 – The content of biologically active substances in raw materials and control BAA

БАВ	Источник	Содержание, мг/г	
		сырье	БАД
Гидроксикоричные кислоты, сумма Кафтаровая Цикориевая Кофейная	экстракт эхинацеи	1,45	0,19
		0,95	
		0,38	
		0,12	
Глицирризиновая кислота Экдистен	экстракт солодки экстракт левзеи	8,0	0,6
		7,8	0,8
Салидрозид Розавин Элеутерозид В Элеутерозид Е Флаволигнаны, в том числе: Изосиликристиин Силикристиин Силидианин Силибин А Силибин В Изосилибин А Изосилибин Б	экстракт родиолы экстракт элеутерококка экстракт расторопши	12,0	4,3
		2,4	0,7
		20,2	4,2
		5,7	0,8
		424,9	6,9
		6,3	
		78,9	
		25,7	
		91,8	
		153,8	
41,3			
27,1			
Гинсенозиды, в том числе: Панаксозид Rg1 Панаксозид Re Панаксозид Rb1 Панаксозид Rc Панаксозид Rb2 Панаксозид Rd	экстракт женьшеня	61,2	3,3
		14,8	
		16,4	
		10,5	
		5,7	
		5,0	
		8,8	
		8,8	

Таблица 2 – Границы варьирования содержания экстрактов в рецептурах БАД с учетом адекватного уровня потребления БАВ на один прием (700 мг), мг

Table 2 – The limits of variation of the content of extracts in the BAA formulae according to the adequate level of consumption of BAS per dose (700 mg)

№	Экстракт (в пересчете на действующее вещество)	АУП	Границы варьирования БАВ, 10–50 % от АУП*	Границы ввода экстракта
1	Солодка	10	1–5	125–625
2	Элеутерококк	1	0,1–0,5	4–20
3	Расторопша	30	3–5	7–35
4	Женьшень	5	0,5–2,5	8–40
5	Родиола	3	до 3	до 250

\*АУП – адекватный уровень потребления

содержания БАВ в готовом продукте. Для этого мы рассчитали границы варьирования ввода растительных экстрактов по значениям адекватного уровня потребления конкретных БАВ [17, 23] и их фактическому содержанию в экстрактах. Количество мумие на один прием принято 200 мг. Результаты расчета на разовую дозу (700 мг) приведены в таблице 2.

Используя данные таблицы 2, разработаны пять рецептов с различными комбинациями процентного

соотношения растительных экстрактов и мумие (200 мг) в составе БАД. Диаграммы разработанных рецептов представлены на рисунках 1–5.

Три компонента рецептуры имеют наибольшее процентное содержание: родиола, солодка, мумие. Элеутерококк, расторопша и женьшень в меньших количествах.

В технологических исследованиях использовали рецептуру № 5, которая представлена в таблице 3 с указанием содержания компонентов на 100 г продукта и в одной капсуле (700 мг).

В таблице 4 представлено содержание БАВ в 1 капсуле в сравнении с адекватным уровнем суточного потребления и разовой терапевтической дозой (РТД).

Содержания БАВ в разработанной БАД находится в промежутке от 10 % до 50 %.

В составе суточной порции БАД содержание фармакологически активных соединений лекарственного растения должно быть не более 50–60 % от разовой терапевтической дозы (РТД) при использовании данного растения в качестве лекарственного средства. При этом нижняя граница содержания этих соединений в БАД не должна быть менее 10 % от разовой терапевтической дозы. Такой подход обеспечивает присутствие в БАД важных для жизнедеятельности организма соединений и



Рисунок 1 – Диаграмма рецептуры № 1

Figure 1 – Chart of formula 1



Рисунок 3 – Диаграмма рецептуры № 3

Figure 3 – Chart of formula 3



Рисунок 2 – Диаграмма рецептуры № 2

Figure 2 – Chart of formula 2



Рисунок 4 – Диаграмма рецептуры № 4

Figure 4 – Chart of formula 4



Рисунок 5 – Диаграмма рецептуры № 5  
Figure 5 – Chart of formula 5

Таблица 3 – Рецепт № 5 БАД  
Table 3 – BAA formula 5

№	Компонент (экстракт)	Содержание в готовой БАД, г/100	Содержание в одной капсуле (700 мг), мг
1	Солодка	28,6	200
2	Элеутерококк	1,4	10
3	Расторопша	2,9	20
4	Женьшень	2,9	20
5	Родиола	35,6	250
6	Мумие	28,6	200
Итого		100	700

обеспечит безопасность по критерию содержания специфических фармакологически активных компонентов. Этот показатель является важнейшим при определении количества каждого БАВ в составе БАД [2, 17, 23, 24].

При разработке капсулированной формы БАД на основе сухих экстрактов их технологические и физико-химические характеристики определяют выбор технологии и качество готового продукта [25, 26]. Выбранные сухие растительные экстракты – мелкодисперсный пылящий порошок. Сыпучесть подготовленной смеси, определенная на тестере сыпучести Egweka, составила  $3,2 \pm 0,4$  г/с. Угол естественного откоса  $49,0 \pm 1,5$  °С также показывает неудовлетворительную степень сыпучести порошка. Насыпная плотность равна  $0,61 \pm 0,05$  г/см<sup>3</sup>, плотность утряски –  $0,76 \pm 0,03$  г/см<sup>3</sup>. Влажность составила  $4,35 \pm 0,04$  %, что соответствует требованиям ГФ XI (не более 5 %). Внешний вид смеси представлен на рис. 6.

Технологические характеристики смеси неудовлетворительные, поэтому для капсулирования необходимо предварительно провести гранулирование смеси с использованием эффективных вспомогательных веществ, улучшающих сыпучесть и снижающих гигроскопичность.

Грануляты получали методом влагоактивированного гранулирования. Были изучены наиболее используемые в методе влажной

Таблица 4 – Характеристика разработанной БАД  
Table 4 – The properties of the BAA

№	Компонент (экстракт), в пересчете	Масса БАВ, мг	Адекватный уровень потребления	
			норма, мг	в БАД, % от нормы
1	Солодка (глицирризиновая кислота)	1,6	10	16
2	Элеутерококк (элеутерозиды)	0,26	1	26
3	Расторопша (флаволигнаны)	8,5	30	28,3
4	Женьшень (гинсенозиды)	1,22	5	24,5
5	Родиола (салидрозиды)	3	–	50, РТД*
6	Мумие (гуминовые кислоты)	6	50	12

\*РТД – разовая терапевтическая доза

грануляции водные растворы этилового спирта в концентрациях: 5, 10, 20 и 30 % [27]. Критериями выбора гранулирующего агента являются способность к смачиванию гранулируемой смеси, внешний вид полученных гранулятов и их фракционный состав. Количество вспомогательной жидкости варьировали до получения однородной массы, сохраняющей свойства сыпучести. Выбор вспомогательных веществ определяет качество гранулируемого материала и получаемого гранулята [25, 26]. В качестве вспомогательных веществ для получения гранулята исследовали лактозу, крахмал и аэросил.

Разработанные составы для грануляции представлены в таблице 5.

Гранулы получали на универсальном настольном грануляционном смесителе со сменными рабочими резервуарами Glatt TMG (Германия) при следующих режимах: скорость ротора 500 об/мин, скорость измельчителя 300–3000 об/мин, время



Рисунок 6 – Внешний вид смеси растительных экстрактов и мумие

Figure 6 – The mixture of plant extracts and shilajit

Таблица 5 – Разработанные составы смесей для грануляции

Table 5 – The compositions of granulation mixtures

№	Состав смеси для грануляции	Содержание, %		
		№ 1	№ 2	№ 3
1	Смесь	96	96	96
2	Лактоза	2	3	
3	Аэросил		1	1
4	Крахмал	2	–	3

гранулирования 20 минут. Полученные гранулы калибровали через сито с ячейками 1,25 мм на установке для ситового анализа Егвека.

Технологические характеристики полученных гранулятов по таким показателям, как внешний вид, сыпучесть, содержание целевой фракции, показали, что лучшей сыпучестью и удовлетворительным размером гранул обладает состав № 2, полученный с использованием лактозы и аэросила, а в качестве увлажняющего агента использовали 20 % раствор этилового спирта. Было сделано заключение, что наиболее рационально изготавливать капсулы с составом № 2. Более детальные исследования состава № 2 представлены в таблице 6.

Из результатов проведенных исследований следует, что гранулят, полученный методом влагоактивизированной грануляции с вспомогательными веществами лактоза и аэросил, имеет удовлетворительные технологические характеристики и пригоден для капсулирования. В качестве увлажняющего агента использовали 20 % водный раствор этилового спирта  $5 \pm 0,5$  % от массы сухого гранулируемого порошка, который удаляется при высушивании.

В исследовании была принята доза БАД 700 мг. На основании этого провели выбор оптимального размера капсул. Для этого, исходя из значения насыпной массы гранулята, рассчитали объем, который занимает 0,700 г БАД и он составляет  $1,369 \text{ см}^3$ . Это объем для капсулы № 000.

Таблица 6 – Технологические характеристики гранулята № 2

Table 6 – The technological properties of granulate 2.

№	Показатель	Результат, $M \pm m$
1	Состав гранулята	Смесь – 96 % Лактоза – 3% Аэросил – 1% 20% этиловый спирт
2	Содержание пылевой фракции (частиц, проходящих через сито 100 мкм), %	$3,4 \pm 0,02$
3	Сыпучесть, г/с	$8,4 \pm 0,2$
4	Влажность, %	$3,2 \pm 1,0$
5	Угол естественного откоса	$35,0 \pm 2,0$
6	Свободная насыпная плотность, г/см <sup>3</sup>	$0,53 \pm 0,03$
7	Насыпная плотность после утряски, г/см <sup>3</sup>	$0,58 \pm 0,02$

Таблица 7 – Содержание действующих и вспомогательных веществ на одну капсулу

Table 7 – The content of active and auxiliary substances per capsule

№	Вещество	Содержание	
		%	мг/капсула
1	Смесь растительных экстрактов и мумие	96	700
2	Лактоза	3	19
3	AEROSIL®	1	7
4	Итого	100	726
5	20 % водный раствор этилового спирта $5 \pm 0,5$ % от массы сухого гранулируемого порошка		удаляется при высушивании

Наполнение капсул провели на ручной капсулонаполняющей машине МС (производительность 1000–2000 капсул в час, загрузка – 64 капсулы, Беларусь). Наполненные капсулы расфасовали вручную по 30 штук в полимерные банки с крышкой. Состав гранулята на одну капсулу представлен в таблице 7.

Технологическая схема получения капсул БАД состоит из следующих технологических стадий:

- санитарная подготовка помещения;
- подготовка сырья;
- получение массы для капсулирования;
- наполнение капсул;
- фасовка и упаковка.

На этапе подготовки сырья все компоненты капсул взвешивают. Подготавливают гранулирующую жидкость по массе. Получают гранулят методом влагоактивизированного гранулирования с использованием в качестве гранулирующей жидкости 20 % раствор этилового спирта в смесителе. Время гранулирования – 20 минут. Полученные гранулы калибруют через сито с ячейками 1,25 мм. На следующем этапе смешивают гранулят и вспомогательные вещества в смесителе в течение 15 минут. Затем наполняют гранулятом капсулы размера № 000. Капсулы расфасовывают.

### Выводы

В результате проведенных исследований определен состав БАД. Проведен анализ содержания БАВ в сырье и в готовой смеси, проведена проверка на совместимость при смешивании. Разработаны рецептуры и технология получения БАД в виде твердых желатиновых капсул, наполняемых гранулятом, полученным методом влагоактивизированной грануляции со следующим составом: сухие экстракты лекарственных растений и мумие – 96 %, лактоза (Россия) – 3 %, AEROSIL®200 pharma (Германия) – 1 %, в качестве увлажняющего агента – 20 % водный раствор этилового спирта в количестве  $5 \pm 0,5$  % от массы сухого гранулируемого порошка для улучшения технологических характеристик.

### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### Благодарности

Авторы выражают благодарность сотрудникам ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии»: д.б.н., профессору Владимиру Кимовичу Мазо за консультационную помощь при выполнении исследований, д.х.н., профессору Константину Исааковичу Эллеру, к.фарм.н. Ирине Борисовне Перовой, к.фарм.н. Елене Валерьевне Рылиной за

проведение исследований содержания БАВ в сырье и опытном образце БАД к пище.

### Финансирование

Исследование выполнено в рамках Программы Фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013–2020 годы (тема № 0529-2016-0030 «Разработка технологии производства биологически активных добавок к пище на основе природного минерально-органического субстрата (МОС)»).

### Список литературы

1. Позняковский, В. М. Биологически активные добавки в современной нутрициологии / В. М. Позняковский, Б. П. Суханов // Техника и технология пищевых производств. – 2009. – Т. 13, № 2. – С. 44–50.
2. Позняковский, В. М. Пищевые и биологически активные добавки: характеристика, применение, контроль / В. М. Позняковский, Ю. Г. Гурьянов, В. В. Бебенин. – Кемерово : Кузбассвузиздат, 2011. – 275 с.
3. Петренко, А. С. Законодательное регулирование обращения биологически активных добавок к пище в Европейском союзе и отдельных странах Европы. Часть 1 / А. С. Петренко, М. Н. Пономарева, Б. П. Суханов // Вопросы питания. – 2014. – Т. 83, № 3. – С. 32–40.
4. Методы анализа минорных биологически активных веществ пищи / В. А. Тутельян, К. И. Эллер, Т. В. Аристархова [и др.]. – М. : Династия, 2010. – 180 с.
5. Перспективные источники фитонутриентов для специализированных пищевых продуктов с модифицированным углеводным профилем: опыт традиционной медицины / В. А. Тутельян, Т. Л. Киселева, А. А. Кочеткова [и др.] // Вопросы питания. – 2016. – Т. 85, № 4. – С. 46–60.
6. Новиков, В. С. Функциональное питание человека при экстремальных воздействиях / В. С. Новиков, В. Н. Каркищенко, Е. Б. Шустов. – СПб. : Политехника-принт, 2017. – 346 с.
7. Очерки спортивной фармакологии. Том 3. Векторы фармакорегулирования / Н. Н. Каркищенко, В. В. Уйба, В. Н. Каркищенко [и др.]. – СПб. : Айсинг, 2014. – 356 с.
8. Cropley, M. The Effects of *Rhodiola rosea* L. Extract on Anxiety, Stress, Cognition and Other Mood Symptoms / M. Cropley, A. P. Banks, J. Boyle // Phytotherapy Research. – 2015. – Vol. 29, № 12. – P. 1934–1939. DOI: <https://doi.org/10.1002/ptr.5486>.
9. Приколаб, Ф. И. Активные вещества из растений, запускающие митохондриальный путь апоптоза / Ф. И. Приколаб // Вопросы питания. – 2016. – Т. 85, № S2. – С. 240–241.
10. Pharmacological Effects of Active Components of Chinese Herbal Medicine in the Treatment of Alzheimer's Disease: A Review / Z. Y. Wang, J. G. Liu, H. Li [et al.] // American Journal of Chinese Medicine. – 2016. – Vol. 44, № 8. – P. 1525–1541. DOI: <https://doi.org/10.1142/S0192415X16500853>.
11. Development of a functional basis of phyto-beverages with an increased antioxidant activity for the correction of nutrition of patients with diabetes mellitus / L. A. Mayurnikova, S. F. Zinchuk, N. I. Davydenko [et al.] // Foods and Raw Materials. – 2017. – Vol. 5, № 2. – P. 178–188. DOI: <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2017-2-178-188>.
12. Бабий, Н. В. Особенности проектирования тонизирующих напитков для повышения резистентности организма / Н. В. Бабий, В. А. Помозова, Д. Б. Пеков // Техника и технология пищевых производств. – 2016. – Т. 41, № 2. – С. 13–20.
13. Надер, А. Разработка твердых лекарственных форм экстракта имбиря лекарственного: дис. ... канд. фарм. наук: 14.04.01 / Надер Алаа. – М., 2017. – 24 с.
14. Терешкова, Е. С. Плоды дерезы (*Lyium Barbarum L.*) – Перспективное сырье для получения зеаксантина (E161h) / Е. С. Терешкова, Е. С. Баташов, В. П. Севедин // Техника и технология пищевых производств. – 2015. – Т. 39, № 4. – С. 93–98.
15. Vitamins and Dietary Supplements – USA. Country report-Euromonitor International. 2010.
16. Влияние антистрессовых спортивных напитков на восстановление работоспособности после мышечных перегрузок / Е. М. Герасимов, Л. Н. Третьяк, В. Н. Ячевский [и др.] // Вестник восстановительной медицины. – 2011. – Т. 45, № 5. – С. 16–20.
17. Российская энциклопедия биологически активных добавок к пище / В. И. Петров, А. А. Спасова, С. В. Недогода [и др.]. – М. : ГЭОТАР – Медиа, 2007. – 1052 с.
18. Фролова, Л. Н. Биологическая активность мумие. Публикация / Л. Н. Фролова, Т. Л. Киселева // Традиционная медицина. – 2010. – Т. 23, № 4. – С. 34–40.
19. Оценка возможности применения растительного адаптогена в качестве функционального ингредиента для создания хлеба лечебно-профилактического назначения / Е. С. Смертина, Л. Н. Федянина, К. Ф. Зинатуллина [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2014. – Т. 33, № 2. – С. 88–92.
20. Subbotina, M. A. Study of composition and biological value of pinon kernel of Siberian pine / M. A. Subbotina, I. V. Dolgolyuk // Food and Raw Materials. – 2015. – Vol. 3, № 1. – P. 56–61. DOI: <https://doi.org/10.12737/11238>.

21. Фролова, Н. А. Разработка технологии и товароведная оценка карамели, обогащенной экстрактами из биологически активного растительного и животного сырья / Н. А. Фролова, И. Ю. Резниченко, Н. Ф. Иванкина // *Техника и технология пищевых производств*. – 2012. – Т. 27, № 4. – С. – 164–170.
22. Разработка состава и технологии получения таблетированной формы концентрата безалкогольного напитка / М. Н. Школьников, Е. В. Аверьянова, Д. В. Доня [и др.] // *Техника и технология пищевых производств*. – 2017. – Т. 46, № 3. – С. 96–101. DOI: <https://doi.org/10.21179/2074-9414-2017-3-96-101>.
23. Единые санитарно-эпидемиологические и гигиенические требования к товарам, подлежащим санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю). – М., 2010. – 352 с.
24. Тутельян, В. А. Современные подходы к обеспечению качества и безопасности биологически активных добавок к пище в Российской Федерации / В. А. Тутельян, Б. П. Суханов // *Тихоокеанский медицинский журнал*. – 2009. – Т. 35, № 1. – С. 12–19.
25. Технологические аспекты влагоактивизированного гранулирования / М. В. Ходжава, Н. Б. Демина, С. А. Скатков [и др.] // *Фармация*. – 2013. – № 1. – С. 34–36.
26. Павлов, В. М. Технология получения гранулятов сухих экстрактов методом влагоактивизированной грануляции с применением клептозы в качестве вспомогательного вещества / В. М. Павлов, Н. Р. Чехани, Л. А. Павлова // *Современные проблемы науки и образования*. – 2014. – № 5. – С. 762.
27. Фармацевтическая технология / К. В. Алексеев, С. А. Кедик, Е. В. Блынская [и др.]. – М. : ЗАО ИФТ, 2015. – 672 с.

### References

1. Poznjakovskiy V.M. and Sukhanov B.P. Biologically active additives in a modern food. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2009, vol. 13, no. 2, pp. 44–50. (In Russ.).
2. Poznyakovskiy V.M., Gur'yanov Yu.G., and Bebenin V.V. *Pishchevye i biologicheski aktivnye dobavki: kharakteristika, primeneniye, kontrol'* [Food and dietary supplements: characteristics, application, and control]. Kemerovo: Kuzbassvuzizdat Publ., 2011. 275 p. (In Russ.).
3. Petrenko A.S., Ponomareva M.N., and Sukhanov B.P. Regulation of food supplements In the European Union and its member States. Part I. *Problems of Nutrition*, 2014, vol. 83, no. 3, pp. 32–40. (In Russ.).
4. Tutel'yan V.A., Ehller K.I., Aristarkhova T.V., et al. *Metody analiza minornykh biologicheskii aktivnykh veshchestv pishchi* [Methods of analysis of minor biologically active food substances]. Moscow: Dynasty Publ., 2010. 180 p. (In Russ.).
5. Tutelyan V.A., Kiseleva T.L., Kochetkova A.A., et al. Promising source of micronutrients for specialized foods with modified carbohydrate profile: traditional medicine experience. *Problems of Nutrition*, 2016, vol. 85, no. 4, pp. 46–60. (In Russ.).
6. Novikov V.S., Karkishchenko V.N., and Shustov E.B. *Funktsional'noe pitaniye cheloveka pri ehkstremaal'nykh vozdeystviyakh* [Functional foods for a person under extreme conditions]. St. Petersburg: Polytechnic-print Publ., 2017. 346 p. (In Russ.).
7. Karkishchenko N.N., Uyba V.V., Karkishchenko V.N., et al. *Ocherki sportivnoy farmakologii. Tom 3. Vektory farmakoregulirovaniya* [Essays on sports pharmacology. Vol. 3. Pharmacy and regulation vectors]. St. Petersburg: Aising Publ., 2014. 356 p. (In Russ.).
8. Cropley M., Banks A.P., and Boyle J. The Effects of *Rhodiola rosea* L. Extract on Anxiety, Stress, Cognition and Other Mood Symptoms. *Phytotherapy Research*, 2015, vol. 29, no. 12, pp. 1934–1939. DOI: <https://doi.org/10.1002/ptr.5486>.
9. Prikolab F.I. Aktivnye veshchestva iz rasteniy, zapuskayushchie mitokhondrial'nyy put' apoptoza [Active substances from plants that trigger the mitochondrial pathway of apoptosis]. *Problems of Nutrition*, 2016, vol. 85, no. S2, pp. 240–241. (In Russ.).
10. Wang Z.Y., Liu J.G., Li H., and Yang H.-M. Pharmacological Effects of Active Components of Chinese Herbal Medicine in the Treatment of Alzheimer's Disease: A Review. *American Journal of Chinese Medicine*, 2016, vol. 44, no. 8, pp. 1525–1541. DOI: <https://doi.org/10.1142/S0192415X16500853>.
11. Mayurnikova L.A., Zinchuk S.F., Davydenko N.I., and Gilmulina S.A. Development of a functional basis of phyto-beverages with an increased antioxidant activity for the correction of nutrition of patients with diabetes mellitus. *Foods and Raw Materials*, 2017, vol. 5, no. 2, pp. 178–188. DOI: <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2017-2-178-188>.
12. Babiy N.V., Pomozova V.A., and Pekov D.B. Development considerations for tonic beverages enhancing the body resistance. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2016, vol. 41, no. 2, pp. 13–20. (In Russ.).
13. Nader A. *Razrabotka tverdykh lekarstvennykh form ehkstrakta imbirya lekarstvennogo. Dis. kand. farm. nauk* [Development of solid dosage forms of ginger extract. Dis. Cand. Farm. Sci]. Moscow, 2017. 24 p.
14. Tereshkova E.S., Batashov E.S., and Sevodin V.P. The fruits of goji (*Lycium Barbarum* L.) are a promising raw material for production of zeaxanthin (E161H). *Food Processing: Techniques and Technology*, 2015, vol. 39, no. 4, pp. 93–98. (In Russ.).
15. *Vitamins and Dietary Supplements – USA*. Country report-Euromonitor International, 2010.
16. Gerasimov E.M., Tret'yak L.N., Yachevskiy V.N., and Skal'nyy A.V. Vliyanie antistressovykh sportivnykh napitkov na vosstanovleniye rabotosposobnosti posle myshechnykh peregruzok [The effect of anti-stress sports drinks on the restoration of performance after muscle overloads]. *Journal of Restorative Medicine & Rehabilitation*, 2011, vol. 45, no. 5, pp. 16–20. (In Russ.).
17. Petrov V.I., Spasova A.A., Nedogoda S.V., et al. *Rossiyskaya ehntsiklopediya biologicheskii aktivnykh dobavok k pishche* [Russian encyclopedia of biologically active additives]. Moscow: GEOTAR – Media Publ., 2007. 1052 p. (In Russ.).
18. Frolova L.N. and Kiseleva T.L. Biological activity of mummie Publication. *Traditional medicine*, 2010, vol. 23, no. 4, pp. 34–40. (In Russ.).

19. Smertina E.S., Fedyanina L.N., Zinatyllina C.F., and Lyah V.A. Evaluation of the use of plant adaptogen as a functional ingredient for creating bread of therapeutic and prophylactic purpose. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2014, vol. 33, no. 2, pp. 88–92. (In Russ.).
20. Subbotina M.A. and Dolgolyuk I.V. Study of composition and biological value of pinon kernel of Siberian pine. *Food and Raw Materials*, 2015, vol. 3, no. 1, pp. 56–61. DOI: <https://doi.org/10.12737/11238>.
21. Frolova N.A., Reznichenko I.Y., and Ivankina N.F. Technology and evaluation of hard-boiled sweets enriched with biologically active plant and animal raw materials extracts. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2012, vol. 27, no. 4, pp. 164–170. (In Russ.).
22. Shkolnikova M.N., Averyanova E.V., Donya D.V., and Khlopotov I.V. Development of composition and technology for production of nonalcoholic beverage concentrate tablet. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2017, vol. 46, no. 3, pp. 96–101. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21179/2074-9414-2017-3-96-101>.
23. *Edinye sanitarno-ehpidemiologicheskie i gigenicheskie trebovaniya k tovaram, podlezhashchim sanitarno-ehpidemiologicheskomu nadzoru (kontrolyu)* [The unified sanitary-epidemiological and hygienic requirements for goods subject to sanitary-epidemiological supervision (control)]. Moscow, 2010. 352 p.
24. Tutel'yan V.A. and Sukhanov B.P. Modern approaches to the maintenance of quality and safety of biologically active additives in the Russian Federation. *Pacific Medical Journal*, 2009, vol. 35, no. 1, pp. 12–19. (In Russ.).
25. Khodzhava M.V., Demina N.B., Skatkov S.A., and Kemenova V.A. Technological aspects of moisture-activated granulation. *Pharmacy*, 2013, no. 1, pp. 34–36. (In Russ.).
26. Pavlov V.M., Chekhani N.R., and Pavlova L.A. Technology of granulation of dry extracts by moisture-activated dry granulation with kleptose as an excipient. *Modern problems of science and education*, 2014, no. 5, pp. 762. (In Russ.).
27. Alekseev K.V., Kedik S.A., Blynskaya E.V., Alekseev V.K., and Maslennikova N.V. *Farmatsevticheskaya tekhnologiya* [Pharmaceutical technology]. Moscow: ZAO IFT Publ., 2015. 672 p. (In Russ.).

#### **Смирнов Станислав Олегович**

канд. техн. наук, заместитель директора по научной работе, «НИИ ПП и СПТ» – филиал ФГБУН «ФИЦ питания, биотехнологии и безопасности пищи», 142718, Россия, Московская область, Ленинский район, пос. Измайлово, 22, тел.: + 7 (495) 549-38-20, e-mail: sts\_76@bk.ru

#### **Фазуллина Олия Фанавиевна**

канд. техн. наук, старший научный сотрудник отдела пищевых концентратов и оборудования, «НИИ ПП и СПТ» – филиал ФГБУН «ФИЦ питания, биотехнологии и безопасности пищи», 142718, Россия, Московская область, Ленинский район, пос. Измайлово, 22, тел.: +7 (495) 383-16-92, e-mail: olfazullina@yandex.ru  
 <https://orcid.org/0000-0002-5963-3692>

#### **Stanislav O. Smirnov**

Cand.Sci.(Eng.), Deputy Director for Scientific Work, “NII PP I SPT – branch of FGBUN «FRC of Nutrition and Biotechnology”, 22, Izmailovo settlement, Leninsky district, Moscow region, 142718, Russia, phone: + 7 (495) 549-38-20, e-mail: sts\_76@bk.ru

#### **Oliya F. Fazullina**

Cand.Sci.(Eng.), Senior Researcher of the Department of Technology of Food Concentrates and Equipment, “NII PP I SPT – branch of FGBUN “FRC of Nutrition and Biotechnology”, 22, Izmailovo settlement, Leninsky district, Moscow region, 142718, Russia, phone: +7 (495) 383-16-92, e-mail: olfazullina@yandex.ru  
 <https://orcid.org/0000-0002-5963-3692>

## Высокоэффективные методы модификации жиров для применения в составе молочкосодержащих продуктов

А. В. Терещук, К. В. Старовойтова\*<sup>ID</sup>

Дата поступления в редакцию: 03.05.2018  
Дата принятия в печать: 20.09.2018

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»,  
650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6

\*e-mail: centol@mail.ru



© А. В. Терещук, К. В. Старовойтова, 2018

**Аннотация.** Ввиду ограниченности ресурсов натуральных твердых жиров, применяемых в различных отраслях пищевой промышленности, широкое применение находят жиры, подвергшиеся химической и физической модификации. До недавнего времени гидрогенизация являлась основным методом модификации жиров, позволяющим получать продукты с высокой твердостью и достаточной сопротивляемостью к процессу окисления за счет содержания в них большого количества транс-изомеров. В условиях меняющегося законодательства в сфере производства пищевых продуктов производители должны искать новые решения при получении жиросодержащих продуктов с учетом требований по ограничению содержания транс-изомеров жирных кислот в их составе. В статье приведен обзор современных методов получения модифицированных жиров со сниженным содержанием трансизомеризованных жирных кислот. Рассмотрены теоретические и практические аспекты процесса многостадийного фракционирования тропических масел. Представлена характеристика продуктов, полученных при фракционировании пальмового масла, и даны рекомендации по применению различных фракций в производстве молочкосодержащих продуктов. Проведен сравнительный анализ способов переэтерификации, применяемых в мировой практике для получения консистентных жиров. Разработаны рецептуры и проведена переэтерификация смесей фракционированных твердых и жидких растительных масел с получением продуктов, пригодных для использования в составе молочкосодержащих продуктов. Показано, что регуляция соотношения сырьевых ингредиентов исходной смеси позволяет добиться требуемых технологических свойств конечного продукта, а также повысить биологическую эффективность за счет присутствия достаточного количества линолевой кислоты. Использование переэтерифицированных пластичных жиров в производстве молочкосодержащей продукции позволяет уменьшить или полностью снизить расход гидрированных жиров и одновременно повысить пищевую ценность, стабильность при хранении и качественные показатели готового продукта по содержанию транс-изомеров.

**Ключевые слова.** Транс-изомеры жирных кислот, твердые триглицериды, плавление, переэтерификация, фракционирование

**Для цитирования:** Терещук, Л. В. Высокоэффективные методы модификации жиров для применения в составе молочкосодержащих продуктов / Л. В. Терещук, К. В. Старовойтова // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 3. С. 115–123. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-3-115-123>.

Original article

Available online at <http://fppt.ru/>

## Highly Effective Methods of Modification of Fats in Milk-Containing Products

L.V. Tereshchuk, K.V. Starovoytova\*<sup>ID</sup>

Received: May 03, 2018  
Accepted: Septembre 20, 2018

Kemerovo State University,  
6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia

\*e-mail: centol@mail.ru



© L.V. Tereshchuk, K.V. Starovoytova, 2018

**Abstract.** The resources of natural solid fats that used in various branches of the food industry are limited. As a result, they are often substituted by chemically and physically modified fats. Until recently, hydrogenation was the main method of modification of fats. Modification allows for products with a high hardness and sufficient resilience to oxidation due to a large amount of trans-isomers. Since the legislation in the sphere of food industry is changing, producers have to look for new solutions for fat-containing products that would correspond with the new restrictions for trans-isomers of fatty acids. The present paper contains a review of modern methods of modified fats production with a reduced content of trans-isomers of fatty acids. It also features some theoretical and practical aspects of multistage fractionation of tropical oils. The authors describe the characteristic of the products of palm oil fractionation and give some recommendations on how various fractions can be applied in milk-containing products. The research included a comparative analysis of various ways of interesterification applied in world practice of jellied fats production. The experiment included interesterification of

mixes of the fractioned solid and liquid vegetable oils that can be used in milk-containing products. A specific ratio of raw ingredients in the initial makes it possible to achieve the required technological properties of the final product, as well as to increase its biological efficiency due to linoleic acid. Plastic fats reduce or completely cut the consumption of hydrogenated fats in milk-containing products while increasing their nutrition value, shelf life, and trans-isomeric indicators.

**Keywords.** Trans-isomers of fatty acids, solid triglycerides, melting, interesterification, fractionation

**For citation:** Tereshchuk L.V. and Starovoytova K.V. Highly Effective Methods of Modification of Fats in Milk-Containing Products. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2018, vol. 48, no. 3, pp.115–123. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-3-115-123>.

## **Введение**

В настоящее время основной тенденцией в области производства молокосодержащих продуктов, является использование высококачественных модифицированных жиров, содержание которых, с учетом особенностей рецептуры, может составлять до 50 % жировой основы. В соответствии с действующим законодательством, с 2018 года максимально возможное содержание транс-изомеров жирных кислот в модифицированных жирах и продуктах их содержащих может составлять не более 2 %. К этой группе продуктов относятся: переэтерифицированные, фракционированные, гидрогенизированные жиры; растительно-сливочные и растительно-жировые спреды; топленые растительно-сливочные и растительно-жировые смеси; заменители молочного жира и другие жиры специального назначения. Значительная часть этих продуктов может использоваться для непосредственного употребления в пищу, а также в качестве компонентов в производстве разнообразных пищевых продуктов, включая молокосодержащие. Жирные кислоты, входящие в состав природных растительных масел, имеют цис-конфигурацию. В результате воздействия таких технологических факторов, как высокие температуры и действие катализаторов (преимущественно, металлов переменной валентности), происходит модификация нативных свойств жиров и масел. В процессе гидрогенизации происходит накопление трансформ жирных кислот за счет изменения пространственной конфигурации как входящих в состав триглицеридов, так и свободных жирных кислот.

В технологической практике применяют различные методы снижения уровня транс-изомеров жирных кислот в продуктах питания [20].

Возможно изготовление продуктов на основе природных твердых жиров и масел, свободных от транс-изомеров, с высоким содержанием насыщенных жирных кислот [18]. Согласно нормам физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах, потребление насыщенных (предельных) жирных кислот не должно составлять более 10 % от суммарной калорийности суточного рациона. В связи с этим при разработке новых рецептур молокосодержащих продуктов необходимо регулировать количество насыщенных жиров. При этом невозможно их полное исключение из рецептурного состава, так как они регулируют структурные свойства готового продукта.

До недавнего времени гидрогенизация являлась основным методом модификации жиров,

позволяющим получать продукты с высокой твердостью и достаточной сопротивляемостью к процессу окисления за счет содержания в них большого количества транс-изомеров. Исследования, проводимые в течение многих лет, показали отрицательное воздействие трансизомеризованных жирных кислот на метаболические процессы, происходящие в организме человека. Неоднократно подтверждалось, что транс-изомеры жирных кислот повышают уровень ЛПНП-холестерина и понижают уровень ЛПВП-холестерина, что является причиной развития сердечнососудистых заболеваний [20].

Современными методами получения модифицированных жиров со сниженным содержанием трансизомеризованных жирных кислот и с требуемыми структурно-реологическими характеристиками, в том числе имеющих оптимальные профили кривых плавления, являются фракционирование и переэтерификация.

Разработка новых высококачественных модифицированных жиров, удовлетворяющих всем технологическим и медико-биологическим требованиям, предъявляемым к консистентным жирам для различных отраслей пищевой промышленности, является актуальным направлением изысканий в пищевой науке и технологии.

Целью проведения работы является получение модифицированных жиров со сниженным содержанием транс-изомеров жирных кислот, предназначенных для использования в составе молокосодержащих продуктов.

Для реализации поставленной цели были определены следующие задачи:

- осуществить сравнительный анализ современных методов модификации жиров;
- изучить теоретические и практические аспекты процесса многостадийного фракционирования тропических масел;
- провести многостадийное фракционирование пальмового масла в лабораторных условиях с получением фракций, предназначенных для разного целевого использования;
- осуществить подбор компонентов и разработать рецептуру смесей фракционированных твердых и жидких растительных масел, предназначенных для переэтерификации;
- провести переэтерификацию разработанных жировых смесей.

## **Объекты и методы исследования**

В процессе исследования были использованы следующие методы: сравнительный и аналитический

– при проведении сравнительного анализа способов модификации, применяемых в мировой практике для получения консистентных жиров.

При выборе и обосновании сырьевых компонентов для получения модифицированных жиров использовали общепринятые экспериментальные методы исследований.

Основные исследования проводились в ФГБОУ ВО «КемГУ» (Кемерово), а также на базе инновационной технологической лаборатории АО «Евразиян Фудс» (Караганда, Республика Казахстан).

В качестве объектов исследования выступали современные технологии получения модифицированных жиров, а также сырьевые компоненты для получения консистентных жиров специального назначения и полученные модифицированные жиры.

Отбор и подготовку проб проводили согласно требованиям ИСО 5555-91 «Масла и жиры животные и растительные. Отбор проб» и ИСО 661-89 «Масла и жиры животные и растительные. Подготовка испытываемой пробы».

Жирнокислотный состав масел и жиров определяли методом газожидкостной хроматографии. Определению жирнокислотного состава предшествует перевод жирных кислот в метиловые эфиры. Полученные хроматограммы метиловых эфиров жирных кислот идентифицировали и рассчитывали количественное содержание жирных кислот по площадям пиков в процентах, используя стандартную методику.

Определение содержания твердых триглицеридов в жирах проводили на спектрометре JNM PC/20 Series NMR Analyzer (Minispec) согласно ГОСТ Р 53158-2008 и ИСО 8292:2008. Метод ядерного магнитного резонанса (ЯМР) определяет процентное содержание твердых триглицеридов в образце жира при определенной температуре. Метод ЯМР обеспечивает возможность оценки массовой доли твердых триглицеридов (ТТГ) с высокой точностью и воспроизводимостью получаемых данных и минимальной длительностью измерений.

### Результаты и их обсуждение

Актуальные приемы фракционирования природных масел включают кристаллизацию с применением органических растворителей, таких как ацетон, гексан и прочие. Также возможно осуществление фракционирования при регулируемом охлаждении расплавленного жира или масла с отделением твердой (высокоплавкой) фазы от жидкой (низкоплавкой) фазы фильтрацией или центрифугированием [21].

Оптимизация условий фракционирования позволит обеспечить получение жировых основ для различных молочносодержащих продуктов, обладающих требуемыми технологическими свойствами.

В качестве компонента жировой фазы спредов может использоваться стеариновая фракция, полученная при фракционировании (вымораживании) масел стеариновой и пальмитиновой группы.

В производстве молочносодержащих продуктов и различных специальных жиров для молочной и других отраслей пищевой промышленности широко используют пальмовое масло и его фракции. Это позволяет получить новый ассортимент продукции, которая свободна от транс-изомеров жирных кислот [1].

Многостадийное фракционирование пальмового масла включает нагревание сырья до 70 °С с последующим медленным охлаждением до 20–22 °С, экспозицию в течение установленного времени и фильтрацию, в результате которой масло разделяется на жидкие и твердые фракции. Способы фракционирования и технологические режимы определяются целями использования получаемых фракций.

Продукты, получаемые при фракционировании пальмового масла, представлены на рисунке 1.

На первом этапе фракционирования пальмового масла выделяли олеиновую фракцию, которая является жидкой, и стеарин, который является твердой фракцией. Состав полученных продуктов и их показатели качества приведены в табл. 1

Исследование жирнокислотного состава (табл. 2) пальмового масла и его фракций показало [14], что преобладающими жирными кислотами в составе является пальмитиновая и олеиновая, что позволяет отнести его к пальмитолеиновой группе, наряду с маслом какао. На твердость и температуру плавления влияет не только жирнокислотный, но и глицеридный состав фракций.

Анализ данных показал, что в олеине преобладающими жирными кислотами являются пальмитиновая и олеиновая. При этом содержание линолевой кислоты составляет более 10 % от всех жирных кислот. Это позволяет использовать олеин в производстве спредов диетического назначения с пониженной температурой плавления и улучшенной пластичностью. Поэтому продукт отличается более низкой температурой плавления. Следует отметить, что в процессе фракционирования жирорастворимые витамины и провитамины обычно остаются в мягких или жидких фракциях.

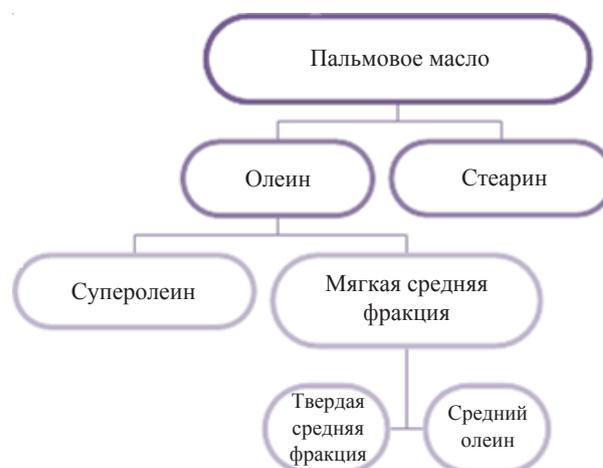


Рисунок 1 – Схема получения фракций пальмового масла  
Figure 1 – Scheme for obtaining palm oil fractions

Таблица 1 – Фракционный состав пальмового масла  
Table 1 – Fractional composition of palm oil

Показатель	Пальмовое масло	Пальмовый олеин	Пальмовый стеарин
Йодное число, г J <sub>2</sub> /100 г	52,1	56,9	32,4
Температура плавления, °C	36,9	24,6	56,7
Выход, %	100	80,4	19,6
Пальмитдиолеин (ПОО), % несимметричный триглицерид	22,5	25,4	11,5
Дипальмитолеин ПОП, % симметричный триглицерид	29,6	29,5	30,7
	Твердая фаза, %:		
25 °C	19,3	0	70,9
30 °C	10,4	0	59,9
35 °C	5,2	0	50,2
40 °C	1,1	0	40,6

На следующей стадии фракционирования олеин подвергается повторной кристаллизации с целью получения дополнительных фракций, обладающих заданными свойствами. Самая жидкая фракция, получаемая на этом этапе, «суперолеин» отличается более высоким содержанием олеиновой кислоты (до 50 %) и содержит до 15 % линолевой кислоты. Вторая фракция, называемая «средняя мягкая фракция», характеризуется мягкой пластичной консистенцией и оптимальной температурой плавления. Её выход составляет 35 %. Среднюю фракцию можно использовать как рецептурный компонент жировых продуктов, а также можно подвергнуть дальнейшему фракционированию с получением более твердых фракций, в составе которых преобладают симметричные триглицериды, в частности диолеопальмитин.

Средние значения физико-химических показателей олеиновых и стеариновых фракций приведена в табл. 3

Таблица 2 – Жирные кислоты пальмового масла и его фракций

Table 2 – Palm oil fatty acids and its fractions

Жирные кислоты	Содержание, %		
	Пальмовое масло	Фракции	
		Олеин	Стеарин
Лауриновая C <sub>12:0</sub>	0,21	0,13	0,42
Миристиновая C <sub>14:0</sub>	1,33	1,51	1,22
Пальмитиновая C <sub>16:0</sub>	42,64	38,12	55,25
Пальмитолеиновая C <sub>16:1</sub>	0,44	0,51	0,19
Стеариновая C <sub>18:0</sub>	4,97	4,05	5,68
Олеиновая C <sub>18:1</sub>	39,52	43,96	30,19
Линолевая C <sub>18:2</sub>	10,47	11,18	6,92
Линоленовая C <sub>18:3</sub>	0,42	0,54	0,13

Для пальмового стеарина, который является высокоплавкой фракцией пальмового масла, характерно высокое содержание пальмитиновой и стеариновой жирных кислот. Температура плавления этой фракции варьируется в диапазоне 45–51 °C. Наилучшими технологическими свойствами при производстве молокосодержащих продуктов обладают мягкая средняя и твердая средняя фракции, так как имеют температуру плавления 30 и 34 °C.

Стеариновая фракция используется в составе жиров и заменителей специального назначения. Получение фракций, не содержащих транс-изомеров жирных кислот, с требуемыми технологическими характеристиками возможно также при переработке других тропических масел, такие как ши, масло из ядер манго, эллипе, борнео и других.

Альтернативой гидрогенизации и фракционированию является способ переэтерификации, который позволяет контролировать изменения глицеридного состава жиров и получать продукт с требуемыми характеристиками.

При переэтерификации смеси жиров происходит перераспределение остатков жирных кислот. За счет этого происходит изменение глицеридного состава жировой композиции [2]. Жир из нативного состояния переходит в модифицированное. Возможно проведение процесса переэтерификации по двум направлениям. Первое направление – внутримолекулярная переэтерификация, при которой происходит перераспределение радикалов внутри молекулы триглицерида. Второе направление – межмолекулярная переэтерификация, в процессе которой осуществляется обмен радикалами между молекулами триглицеридов.

Таблица 3 – Общая характеристика олеиновых и стеариновых фракций пальмового масла

Table 3 – General characteristics of oleic and stearin fractions of palm oil

Показатель	Фракции			
	суперолеин	мягкая средняя фракция	средний олеин	твердая средняя фракция
Йодное число, г J <sub>2</sub> /100 г	66,1	45,9	57,8	35,4
Температура плавления, °C	–	30,4	16,9	34,2
Выход, %	45	35	16	18
Диолеопальмитин (ПОО), %	32,6	15,3	28,4	5,4
Дипальмитолеин ПОП, %	15,9	47,1	26,8	65,2
	Твердая фаза, %:			
25 °C	–	20,9	–	51,2
30 °C	–	1,5	–	16,9
35 °C	–	0	–	2,7
40 °C	–	–	–	0

В мировой практике для производства пластичных и консистентных жиров метод переэтерификации является наиболее прогрессивным, так как конечный продукт не содержит жирных кислот, имеющих трансконфигурацию. В модифицированной смеси, которая получается из, например, пальмового стеарина и жидких растительных масел, возможно варьирование технологических характеристик: температуры плавления и твердости без изменения жирнокислотного состава, что является преимуществом процесса переэтерификации (рис. 2).

Выделяют химическую и энзимную [19] переэтерификацию. В первом случае для того, чтобы вести процесс при температуре не выше 90 °С, применяют в качестве катализаторов алкоголяты и оксиды щелочных металлов (натрий, калий). Во втором случае используют фермент липазу и процесс проводят при температуре не выше 70 °С, так как более высокая температура вызывает дезактивацию фермента. К продуцентам липаз относят: *Aspergillus flavus*, *Brevibacterium linens*, *Candida lipolytica*, *Mucor javanicus*, *Rhizopus arrhizus* и некоторые другие [9, 12, 19]. Энзимная переэтерификация может проводиться с помощью двух видов ферментов: специфических и неспецифических. Специфические ферменты обеспечивают перераспределение жирных кислот в крайних положениях триглицеридов, то есть в положениях 1 и 3, тем самым позволяя получать жиры желаемого состава [3]. Неспецифические липазы участвуют в перераспределении жирных кислот во всех трех положениях триглицерида. Процесс неспецифичной переэтерификации аналогичен процессу химической переэтерификации, который также характеризуется ненаправленным воздействием на жирные кислоты триглицеридов.

Ферменты для проведения переэтерификации используют в иммобилизованном виде, то

есть искусственно связанным с каким-либо нерастворимым носителем. В отличие от свободных ферментов иммобилизованные имеют ряд преимуществ: легкость выведения из реакционной среды, многократное использование, обеспечение непрерывности процесса [3, 9, 12].

Иммобилизирующие материалы (носители) способны замедлять активность ферментов в несколько тысяч раз. Это объясняет возможность их многократного использования. Носители можно разделить на органические и неорганические. К первой группе относят целлюлозу, агарозу, хитин, кератин, коллаген, желатин, имеющих природное происхождение, а также стирол, полиуретановые полимеры, поливиниловый спирт, относящихся к веществам синтетического происхождения. Ко второй группе относят глину, стекло, графитовую сажу, керамику.

Согласно гигиеническим требованиям, к использованию пищевых добавок, как материалов и твердых носителей для иммобилизации ферментных препаратов, разрешено применять альгинат натрия, диатомит (диатомная земля), глутаровый альдегид, желатин, диэтиламиноэтилцеллюлоза, ионообменные смолы для пищевой промышленности, каррагинан, керамика, полиэтиленмин, стекло [5].

Достоинства химической переэтерификации:

- использование новых порций катализатора для каждой следующей партии масла, что позволяет получать продукт с постоянными физико-химическими характеристиками;
- доступность катализаторов.

Недостатки химической переэтерификации:

- использование некоторых катализаторов с высокой химической активностью, например, алкоголятов щелочных металлов, которые взаимодействуют со свободными жирными кислотами, гидроперекисями, что приводит к образованию побочных продуктов реакции;
- способность алкоголятов щелочных металлов самопроизвольно воспламеняться в условиях повышенной влажности, а при попадании на кожу вызывать ожоги;
- полученные жиры имеют в своем составе большее количество самой тугоплавкой фракции ТГЦ (тристеарина), по сравнению с продуктом, полученным энзимной переэтерификацией;
- требует проведения тщательной очистки готового продукта с целью выведения катализатора, что влечет дополнительные потери продукта.

Достоинства энзимной переэтерификации:

- позволяет сохранять содержание токоферолов, в то время как в процессе химической переэтерификации их количество снижается в несколько раз;
- получение жиров с необходимым распределением жирных кислот в молекуле триглицерида;
- экологически чистый и безопасный процесс.

Недостатки энзимной переэтерификации:

- относительно высокая стоимость ферментов;
- высокая чувствительность ферментов к pH среды, к свободным жирным кислотам, содержащимся



Рисунок 2 – Показатели качества жиров, контролируемые при переэтерификации

Figure 2 – Fat quality indicators controlled during transesterification

в маслах, а также к продуктам их окисления, что требует тщательной подготовки исходных жиров перед проведением перэтерификации.

Требования к качеству жиров специального назначения различны и зависят от области и условий их применения. Для создания рецептур жиров специального назначения на основе перэтерифицированных жиров необходимо учитывать следующие общие критерии [2]: определенный сбалансированный жирнокислотный состав (контроль количества полиненасыщенных жирных кислот) в зависимости от назначения жира [1, 15]; устойчивость к окислению через подбор эффективных антиокислителей; образование в процессе технологических операций  $\beta$ -кристаллической формы продукта (в случае производства твердого жира); количество транс-изомеров не более 2 % от содержания жира в продукте. Наряду с общими критериями по созданию жиров специального назначения существуют особые, относящиеся к каждому виду жиров отдельно.

Например, топленая смесь для кулинарных целей даже после неоднократного использования, должна обладать высокой термостабильностью. Это достигается ограничением в ее рецептурном составе непредельных жирных кислот, в частности линолевой и линоленовой. Рекомендуемое содержание их в готовом продукте не должно превышать 10 % от общего количества жирных кислот. Для повышения термической устойчивости жировых продуктов необходимо вносить в их рецептуру антиоксиданты [2, 13, 15]. При использовании перэтерифицированных жиров, полученных в щадящих температурных режимах (до 90 °C), внесение антиоксидантов в рецептуру требуется в небольших количествах, так как такой вид модификации жиров позволяет сохранять токоферолы, которые являются природными антиокислителями [2, 13]. Для того чтобы топленая смесь не разбрызгивалась в процессе жарки, нами предлагается вносить в ее рецептуру насыщенные моноглицериды (E471) с низким йодным числом (2–3 I<sub>2</sub>/100 г) и содержанием моноглицеридов не более 80 %.

Эмульгаторы этой группы не имеют выраженной эмульгирующей способности, но оказывают существенное влияние на кристаллическую структуру топленой смеси жиров, предотвращая разбрызгивание жидкого масла в процессе жарения. Для улучшения потребительских свойств нами рекомендуется вносить в рецептуру фритюрного жира натуральные ароматизаторы пряной группы. Таким образом, рецептура жиров специального назначения с минимальным содержанием транс-изомеров включает следующие компоненты: перэтерифицированный жир, топленое коровье масло, подсолнечное масло, эмульгатор (насыщенные моноглицериды), возможно использование ароматизатора.

Перспективным направлением в производстве молокообразующих продуктов является получение

Таблица 4 – Характеристика полученных перэтерифицированных жиров

Table 4 – Properties of the transesterified fats

Соотношение стеарин/подсолнечное масло, %	ТТГ, %						Т.пл., °C
	5	10	20	30	35	40	
50 / 50	25,04	20,2	12,8	5,9	2,79	0,11	30
60/40	41,5	38,7	21,5	10,5	5,2	2,3	34
70 / 30	51,85	48,9	31,2	16,2	10,0	4,81	40
80 / 20	63,41	60,0	40,6	22,9	13,9	3,11	42,3

эквивалентов природных масел, имеющих близкий к ним жирнокислотный состав. Ферментная перэтерификация с использованием специфичной липазы дает возможность получения жиров с определенным содержанием триглицеридов POS, SOS и POP типа, обуславливающих необходимую твердость [4]. Также можно получать перэтерифицированные жиры в мягком и жидком виде за счет преобладания в их рецептурах жидких растительных масел, а не твердых жиров. Жир в таком виде удобен в использовании, так как легко дозируется и не расслаивается. Известно, что перэтерифицированные жиры благотворно влияют на высоту подъема теста и показывают результаты, превосходящие таковые при использовании сливочного масла. Это связано с тем, что тесто, в случае использования перэтерифицированных жиров, приобретает хорошую газоудерживающую способность и упругость [4]. Также для улучшения технологических свойств жиров в качестве эмульгатора используются различные пищевые фосфатидные концентраты (подсолнечный, соевый), моноглицериды дистиллированные. Из вышесказанного следует, что исследования по разработке жиров специального назначения с использованием перэтерифицированных жиров являются актуальными в настоящее время.

Нами проводятся исследования по конструированию рецептурного состава перэтерифицированных жиров, предназначенных для молокообразующих продуктов специализированного использования, в том числе, растительно-сливочных топленых смесей для жарения и кулинарных целей.

В качестве рецептурных компонентов перэтерифицированной смеси выбраны: стеариновая фракция, полученная на первом этапе фракционирования пальмового масла и жидкое растительное масло (подсолнечное).

Процесс осуществлялся при температуре 80 °C, с внесением этилата натрия в качестве катализатора.

Соотношение компонентов рецептуры смеси для перэтерификации варьировалось. Различные соотношения стеарина и жидкого растительного масла позволили получить конечные продукты

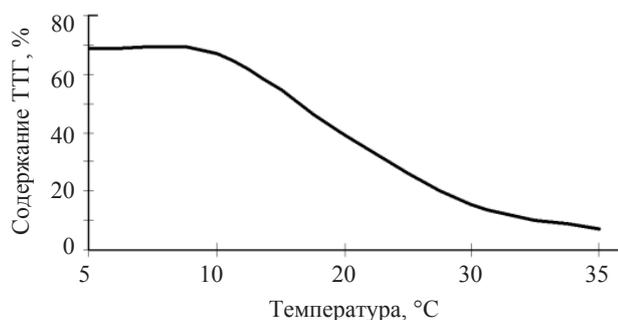


Рисунок 3 – Кривая плавления переестерифицированного жира в диапазоне температур 5–35 °С

Figure 3 – Melting curve of interesterified fat at 5–35 °C

Таблица 5 – Температура плавления и содержание твердых триглицеридов в переестерифицированном жире

Table 5 – The melting point and the content of solid triglycerides in the interesterified fat

Наименование образца	Т.пл., °С	Содержание ТТГ, % в диапазоне температур				
		5 °С	10 °С	20 °С	30 °С	35 °С
Переестерифицированный жир (60 % пальмового стеарина: 40 % подсолнечного масла)	35,6	69	67	39	15,5	6,93

с разным содержанием твердой фазы и разными характеристиками плавления.

Каждый вариант рецептуры позволяет получить продукт для определенного целевого назначения. Жир, полученный при переестерификации 60 % пальмового стеарина и 40 % подсолнечного масла, характеризуется оптимальными технологическими характеристиками: температурой плавления и содержанием твердых триглицеридов в диапазоне температур 20–30 °С и одновременно наилучшими пластическими свойствами. Характеристика показателей качества наилучшего с технологической точки зрения образца приведена на рисунке 3 и в таблицах 5, 6.

Переестерификация позволяет получить разнообразный ассортимент жиров: жидких, полужидких, твердых. Следует обратить внимание, что при использовании ограниченного набора доступного сырья можно получить различные по свойствам продукты, регулируя соотношение компонентов исходной жировой смеси. Варьирование жидких и твердых ингредиентов переестерифицированной смеси дало возможность получить определенное соотношение жирных кислот, представленное в таблице 6.

### Выводы

Проведен сравнительный анализ способов переестерификации, применяемых в мировой практике

Таблица 6 – Жирнокислотный состав образца переестерифицированного жира (60 % пальмового стеарина: 40 % подсолнечного масла)

Table 6 – The fatty acid composition of the sample of interesterified fat (60% palm stearin; 40% sunflower oil)

Жирные кислоты	Содержание, %
Насыщенные	37,09
в том числе:	
лауриновая C <sub>12:0</sub>	0,12
миристиновая C <sub>14:0</sub>	0,58
пальмитиновая C <sub>16:0</sub>	30,27
стеариновая C <sub>18:0</sub>	5,18
арахиновая C <sub>20:0</sub>	0,37
бегеновая C <sub>22:0</sub>	0,57
Мононенасыщенные	22,15
в том числе:	
пальмитолеиновая C <sub>16:1</sub>	0,09
олеиновая C <sub>18:1</sub>	22,05
гадолеиновая C <sub>20:1</sub>	0,1
эруковая C <sub>22:1</sub>	
Полиненасыщенные	40,66
в том числе:	
линолевая C <sub>18:2</sub>	40,55
линоленовая C <sub>18:3</sub>	0,11

для получения консистентных жиров. Разработаны рецептуры и проведена переестерификация смесей фракционированных твердых и жидких растительных масел с получением продуктов, пригодных для использования в составе молокосодержащих продуктов.

Предлагаемые рецептуры переестерифицированных жиров с регулируемым соотношением пальмового стеарина и подсолнечного масла отличаются сбалансированностью глицеридного состава, биологической эффективностью за счет присутствия достаточного количества линолевой кислоты. Использование переестерифицированных пластичных жиров в производстве молокосодержащей продукции позволяет уменьшить или полностью снизить расход гидрированных жиров и одновременно повысить пищевую ценность, стабильность при хранении и качественные показатели готового продукта по содержанию транс-изомеров.

### Конфликт интересов

Авторы заявляют, что конфликта интересов нет.

### Благодарности

Авторы выражают благодарность руководству и сотрудникам АО «Евразиян Фудс» за оказанную поддержку при проведении исследований в производственных условиях.

### Финансирование.

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет».

### Список литературы

1. A new methodology capable of characterizing most volatile and less volatile minor edible oils components in a single chromatographic run without solvents or reagents. Detection of new components / J. Alberdi-Cedeño, M. L. Ibargoitia, G. Cristillo [et al.] // *Food Chemistry*. – 2017. – Vol. 221. – P. 1135–1144. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.11.046>.
2. Azizkhani, M. Effects of tocopherols on oxidative stability of margarine / M. Azizkhani, A. Kamkar, A. S. M. Nejad // *Journal of the Chemical Society of Pakistan*. – 2011. – Vol. 33, № 1. – P. 134–137.
3. Adhikari, P. Enzymatic and Chemical Interesterification of Rice Bran Oil, Sheaolein, and Palm Stearin and Comparative Study of Their Physicochemical Properties / P. Adhikari, P. Hu // *Journal of Food Science*. – 2012. – Vol. 77, № 12. – P. 1285–1292. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2012.02977.x>.
4. On the fractional crystallization of palm olein: Solid solutions and eutectic solidification / G. Calliauw, F. Fredrick, V. Gibon [et al.] // *Food Research International*. – 2010. – Vol. 43, № 4. – P. 927–981. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.01.002>.
5. Da Costa Filho, P. A. Developing a rapid and sensitive method for determination of trans-fatty acids in edible oils using middle-infrared spectroscopy / P. A. da Costa Filho // *Food Chemistry*. – 2014. – Vol. 158. – P. 1–7. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.02.084>.
6. European food and nutrition action plan 2015-2020. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe, 2014. – Available at: <http://www.euro.who.int/en/publications/abstracts/european-food-and-nutrition-action-plan-20152020-2014>. – Accessed: 01.04.2018.
7. Ganguly, R. The toxicity of dietary trans fat / R. Ganguly, G. N. Pierce // *Food and Chemical Toxicology*. – 2015. – Vol. 78. – P. 170–176. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fct.2015.02.004>.
8. Ilyasoglu, H. Production of human fat milk analogue containing  $\alpha$ -linolenic acid by solvent-free enzymatic interesterification / H. Ilyasoglu // *LWT – Food Science and Technology*. – 2013. – Vol. 54, № 1. – P. 179–185. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.05.036>.
9. Lipases as Biocatalysts for the Synthesis of Structured Lipids / R. C. R. Jala, P. Hu, T. Yang [et al.] // *Methods in Molecular Biology*. – 2012. – Vol. 861. – P. 403–433. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-1-61779-600-5\\_23](https://doi.org/10.1007/978-1-61779-600-5_23).
10. Tropical vegetable fats and butters: properties and new alternatives: Oilseeds and fats / J. J. Salas, M. A. Bootello, E. Martínez-Force [et al.] // *OCL – Oleagineux Corps Gras Lipides*. – 2009. – Vol. 16, № 4. – P. 254–258. DOI: <https://doi.org/10.1051/ocl.2009.0278>.
11. Analysis of Trans Fat in Edible Oils with Cooking Process / J. Song, J. Park, J. Jung [et al.] // *Toxicological Research*. – 2015. – Vol. 31, № 3. – P. 307–312. DOI: <https://doi.org/10.5487/TR.2015.31.3.307>.
12. Рекомбинантные штаммы-продуценты термостабильной липазы из *Thermomyces Lanuginosus*. Биокаталитические процессы переэтерификации и этерификации компонентов растительных масел / Г. А. Коваленко, А. Б. Беклемишев, Л. В. Перминова [et al.] // *Актуальная биотехнология*. – 2017. – Т. 21, № 2. – С. 27.
13. Martín-Rubio, A. S. A thorough insight into the complex effect of gamma-tocopherol on the oxidation process of soybean oil by means of 1H Nuclear Magnetic Resonance. Comparison with alpha-tocopherol / A. S. Martín-Rubio, P. Sopelana, M. D. Guillén // *Food Research International*. – 2018. – Vol. 114. – P. 230–239. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.07.064>.
14. Rapid FT-NIR analysis of edible oils for total SFA, MUFA, PUFA, and Trans FA with comparison to GC / M. M. Mossoba, H. Azizian, C. Tyburczy [et al.] // *JAOCs, Journal of the American Oil Chemists' Society*. – 2013. – Vol. 90, № 6. – P. 757–770. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11746-013-2234-z>.
15. Bazan, N. G. Docosanoids and elovanoids from omega-3 fatty acids are pro-homeostatic modulators of inflammatory responses, cell damage and neuroprotection / N. G. Bazan // *Molecular Aspects of Medicine*. – 2018. – Vol. 64. – P. 18–33. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mam.2018.09.003>.
16. Influence of roasting conditions on fatty acid composition and oxidative changes of cocoa butter extracted from cocoa bean of Forastero variety cultivated in Togo / D. Żyzelewicz, G. Budryn, W. Krysiak [et al.] // *Food Research International*. – 2014. – Vol. 63. – P. 328–343. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.04.053>.
17. A quick method for routine analysis of C18 trans fatty acids in nonhydrogenated edible vegetable oils by gas chromatography-mass spectrometry / M. Zhang, X. Yang, H. T. Zhao [et al.] // *Food Control*. – 2015. – Vol. 57. – P. 293–301. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.04.027>.
18. Особенности использования твердых природных масел в производстве спредов / К. В. Старовойтова, М. А. Тарлюн, Л. В. Терещук [и др.] // *Техника и технология пищевых производств*. – 2017. – Т. 44, № 1. – С. 44–51. DOI: <https://doi.org/10.21179/2074-9414-2017-1-44-51>.
19. Ферментативная переэтерификация растительных масел в получении диетических жировых продуктов / С. А. Шеламова, Н. М. Держаносова, О. А. Василенко [и др.] // *Вестник Воронежского государственного аграрного университета*. – 2018. – Т. 57, № 2. – С. 131–139. DOI: <https://doi.org/10.17238/issn2071-2243.2018.2.131>.
20. Stender, S. Tracing artificial trans fat in popular foods in Europe: a market basket investigation / S. Stender, A. Astrup, J. Dyerberg // *BMJ Open*. – 2014. – Vol. 4, № 5. DOI: <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2014-005218>.
21. Оптимизация состава жировых композиций для спредов / Л. В. Терещук, А. С. Мамонтов, К. В. Краева [и др.] // *Техника и технология пищевых производств*. – 2014. – Т. 35, № 4. – С. 63–71.
22. Workshop. Trans Fats. Brussels: European Union, 2014. – Available at: [http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/workshop/join/2014/518744/IPOL-ENVI\\_AT%282014%29518744\\_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/workshop/join/2014/518744/IPOL-ENVI_AT%282014%29518744_EN.pdf). – Accessed: 01.04.2018.

### References

1. Alberdi-Cedeño J., Ibargoitia M.L., Cristillo G., Sopelana P., and Guillén M.D. A new methodology capable of characterizing most volatile and less volatile minor edible oils components in a single chromatographic run without solvents or reagents. Detection of new components. *Food Chemistry*, 2017, vol. 221, pp. 1135–1144. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.11.046>.
2. Azizkhani M., Kamkar A., and Nejad A.S.M. Effects of tocopherols on oxidative stability of margarine. *Journal of the Chemical Society of Pakistan*, 2011, vol. 33, no. 1, pp. 134–137.

3. Adhikari P. and Hu P. Enzymatic and Chemical Interesterification of Rice Bran Oil, Sheaolein, and Palm Stearin and Comparative Study of Their Physicochemical Properties. *Journal of Food Science*, 2012, vol. 77, no. 12, pp. 1285–1292. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2012.02977.x>.
4. Calliauw G., Fredrick F., Gibon V., et al. On the fractional crystallization of palm olein: Solid solutions and eutectic solidification. *Food Research International*, 2010, vol. 43, no. 4, pp. 927–981. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.01.002>.
5. Da Costa Filho P.A. Developing a rapid and sensitive method for determination of trans-fatty acids in edible oils using middle-infrared spectroscopy. *Food Chemistry*, 2014, vol. 158, pp. 1–7. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.02.084>.
6. *European food and nutrition action plan 2015–2020*. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe Publ., 2014. Available at: <http://www.euro.who.int/en/publications/abstracts/european-food-and-nutrition-action-plan-20152020-2014>. (accessed 01 April 2018).
7. Ganguly R. and Pierce G.N. The toxicity of dietary trans fat. *Food and Chemical Toxicology*, 2015, vol. 78, pp. 170–176. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fct.2015.02.004>.
8. Ilyasoglu H. Production of human fat milk analogue containing  $\alpha$ -linolenic acid by solvent-free enzymatic interesterification. *LWT – Food Science and Technology*, 2013, vol. 54, no. 1, pp. 179–185. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.05.036>.
9. Jala R.C.R., Hu P., Yang T., et al. Lipases as Biocatalysts for the Synthesis of Structured Lipids. *Methods in Molecular Biology*, 2015, vol. 861, pp. 403–433. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-1-61779-600-5\\_23](https://doi.org/10.1007/978-1-61779-600-5_23).
10. Salas J.J., Bootello M.A., Martínez-Force E., and Garcés R. Tropical vegetable fats and butters: properties and new alternatives: Oilseeds and fats. *OCL – Oleagineux Corps Gras Lipides*, 2009, vol. 16, no. 4, pp. 254–258. DOI: <https://doi.org/10.1051/ocl.2009.0278>.
11. Song J., Park J., Jung J., et al. Analysis of Trans Fat in Edible Oils with Cooking Process. *Toxicological Research*, 2015, vol. 31, no. 3, pp. 307–312. DOI: <https://doi.org/10.5487/TR.2015.31.3.307>.
12. Kovalenko G.A., Beklemishev A.B., Perminova L.V., and Mamaev A.L. Rekombinantnye shtammy-produtsenty termostabil'noy lipazy iz *Thermomyces Lanuginosus*. Biokataliticheskie protsessy pereehterifikatsii i ehtherifikatsii komponentov rastitel'nykh masel [Recombinant strains-producers of thermostable lipase from *Thermomyces Lanuginosus*. Biocatalytic processes of transesterification and esterification of components of vegetable oils]. *Aktual'naya biotekhnologiya* [Current biotechnology], 2017, vol. 21, no. 2, pp. 27. (In Russ.).
13. Martin-Rubio A.S., Sopelana P., and Guillén M.D. A thorough insight into the complex effect of gamma-tocopherol on the oxidation process of soybean oil by means of 1H Nuclear Magnetic Resonance. Comparison with alpha-tocopherol. *Food Research International*, 2018, vol. 114, pp. 230–239. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.07.064>.
14. Mossoba M.M., Azizian H., Tyburczy C., et al. Rapid FT-NIR analysis of edible oils for total SFA, MUFA, PUFA, and Trans FA with comparison to GC. *JAACS, Journal of the American Oil Chemists' Society*, 2013, vol. 90, no. 6, pp. 757–770. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11746-013-2234-z>.
15. Bazan N.G. Docosanoids and elovanoids from omega-3 fatty acids are pro-homeostatic modulators of inflammatory responses, cell damage and neuroprotection. *Molecular Aspects of Medicine*, 2018, vol. 64, pp. 18–33. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mam.2018.09.003>.
16. Żyżelewicz D., Budryn G., Krysiak W., et al. Influence of roasting conditions on fatty acid composition and oxidative changes of cocoa butter extracted from cocoa bean of Forastero variety cultivated in Togo. *Food Research International*, 2014, vol. 63, pp. 328–343. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.04.053>.
17. Zhang M., Yang X., Zhao H.T., et al. A quick method for routine analysis of C18 trans fatty acids in nonhydrogenated edible vegetable oils by gas chromatography-mass spectrometry. *Food Control*, 2015, vol. 57, pp. 293–301. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.04.027>.
18. Starovoytova K.V., Tarlyun M.A., Tereshchuk L.V., and Mamontov A.S. Features of using of solid natural oils in production of spreads. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2017, vol. 44, no. 1, pp. 44–51. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21179/2074-9414-2017-1-44-51>.
19. Shelamova S.A., Derkanosova N.M., Vasilenko O.A., and Kashirina N.A. Enzymatic interesterification of vegetable oils in the production of dietetic fat products. *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*, 2018, vol. 57, no. 2, pp. 131–139. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.17238/issn2071-2243.2018.2.131>.
20. Stender S., Astrup A., and Dyerberg J. Tracing artificial trans fat in popular foods in Europe: a market basket investigation. *BMJ Open*, 2014, vol. 4, no. 5. DOI: <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2014-005218>.
21. Tereshchuk L.V., Mamontov A.S., Kraeva K.V., and Subbotina M.A. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2014, vol. 35, no. 4, pp. 63–71. (In Russ.).
22. Workshop. Trans Fats. Brussels: European Union Publ., 2014. Available at: [http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/workshop/join/2014/518744/IPOL-ENVI\\_AT%282014%29518744\\_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/workshop/join/2014/518744/IPOL-ENVI_AT%282014%29518744_EN.pdf). (accessed 01 April 2018).

#### Терещук Любовь Васильевна

д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры технологии продуктов питания из растительного сырья, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (3842) 39-68-51, e-mail: [terechuk\\_l@mail.ru](mailto:terechuk_l@mail.ru)

#### Старовойтова Ксения Викторовна

канд. техн. наук, доцент кафедры технологии продуктов питания из растительного сырья, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (3842) 39-68-51, e-mail: [centol@mail.ru](mailto:centol@mail.ru)  
 <https://orcid.org/0000-0002-4012-7570>

#### Ljubov' V. Tereshchuk

Dr.Sci.(Eng.), Professor, Professor of Department of Technology of food from vegetable raw materials, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-51, e-mail: [terechuk\\_l@mail.ru](mailto:terechuk_l@mail.ru)

#### Ksenia V. Starovoytova

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Department of Technology of food from vegetable raw materials, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-51, e-mail: [centol@mail.ru](mailto:centol@mail.ru)  
 <https://orcid.org/0000-0002-4012-7570>

## Исследование предварительного подогрева теплоносителя комплексным энергозамещающим устройством в тепловых процессах переработки молока

Ю. Б. Гербер<sup>✉</sup>, А. В. Гаврилов\*<sup>✉</sup>, А. П. Вербицкий<sup>✉</sup>

ФГАОУ ВО Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского,  
295007, Россия, г. Симферополь,  
проспект Академика Вернадского, 4

Дата поступления в редакцию: 21.07.2018  
Дата принятия в печать 20.09.2018

\*e-mail:tehfac@mail.ru



© Ю. Б. Гербер, А. В. Гаврилов, А. П. Вербицкий, 2018

**Аннотация.** В статье отражена информация об исследованиях по оптимизации энергозатрат на производство молочных, а именно кисломолочных продуктов, что сказывается на их конечной себестоимости. С целью экономии электроэнергии проведены исследования по использованию в молочном производстве возобновляемых источников энергии на основе гелиосистемы как одного из наиболее перспективных направлений в энергосбережении. Предложено перспективное технологическое решение – энергосберегающая технология производства молочных продуктов с использованием комплексного энергозамещающего устройства (КЭУ). Она обеспечит, по предварительным расчетам, снижение затрат электроэнергии на 60–70 %. На основе экспериментальных исследований работы КЭУ проведена проверка результатов, полученных при теоретическом обосновании конструктивных параметров и режимов работы. Для проведения экспериментальных исследований разработана и изготовлена установка нагрева теплоносителя на основе гелиоколлекторов, а также приборный комплекс, позволяющий регистрировать значения температур в 8-ми различных контрольных точках и передавать полученные сигналы на жесткий диск ПК. В статье приведены параметры оборудования во время процессов пастеризации и сквашивания молока с использованием КЭУ для подогрева, которое можно рекомендовать предприятиям. Площадь коллекторов КЭУ для предварительного нагрева теплоносителя 2 м<sup>2</sup> обеспечивает 150 литров воды температурой 45–60 °С. Сравнивая нормативные параметры температуры процесса сквашивания молока (32–35 °С) с температурой теплоносителя (воды) в КЭУ (45–60 °С), можно сделать вывод о полном покрытии тепловых затрат при проведении указанного низкопотенциального теплового процесса.

**Ключевые слова.** Молочная продукция, энергетические затраты, тепловая обработка, комплексное энергозамещающее устройство, давление, гелиосистема

**Для цитирования:** Гербер, Ю. Б. Исследование предварительного подогрева теплоносителя комплексным энергозамещающим устройством в тепловых процессах переработки молока / Ю. Б. Гербер, А. В. Гаврилов, А. П. Вербицкий // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 3. – С. 124–132. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-3-124-132>.

Original article

Available online at <http://fptt.ru/>

## Thermal Treatment in Milk Processing: Using a Complex Energy-Substitution Equipment during Preliminary Water Heating

Yu.B. Gerber<sup>✉</sup>, A.V. Gavrilov\*<sup>✉</sup>, A.P. Verbitsky<sup>✉</sup>

Received: July 21, 2018  
Accepted: September 20, 2018

V.I. Vernadsky Crimean Federal University  
4, Vernadskogo Ave., Simferopol, 295007, Russia

\*e-mail:tehfac@mail.ru



© Y.B. Gerber, A.V. Gavrilov, A.P. Verbitsky, 2018

**Abstract.** Energy input affects the final cost of dairy products. The paper features energy cost optimization in dairy industry and, in particular, in the production of cultured milk foods. The present research studies the options for renewable energy sources in dairy industry: solar system is becoming a very promising means of energy saving in the southern regions. The authors proposed a complex energy substitution device, which can reduce the electricity costs by 60–70%, according to preliminary calculations. The results obtained in the theoretical underpinning of design parameters and operation modes were checked by experimental studies. For the experiment, the authors designed and manufactured a water heating system based on flat solar collectors. An instrument complex registered temperature values in eight different control points and transferred the signals to a PC hard disk. The article presents the parameters of the equipment in pasteurization and milk fermentation processes with the use of the complex energy substitution device for water heating. The equipment can be used by large-scale dairy enterprises, since the area of the collectors for the preliminary water heating is 2 m<sup>2</sup>, which provides 150 liters of water with a temperature of 45–60°C. As the normative parameters of the temperature during the milk fermentation process is 32–35°C, and the water temperature in the device is 45–60°C, it can be concluded that the thermal costs are fully covered.

**Keywords.** Quality of dairy products, energy costs, heat treatment of dairy products, complex energy substitution device, pressure, homogenizer

**For citation:** Gerber Yu.B., Gavrilov A.V., and Verbitsky A.P. Thermal Treatment in Milk Processing: Using a Complex Energy-Substitution Equipment during Preliminary Water Heating. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2018, vol. 48, no. 3, pp. 124–132. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-3-124-132>. (In Russ.).

### Введение

Анализ мировых тенденций, исследований и технических решений по снижению энергетических затрат в тепловых процессах переработки молока позволяет сделать вывод о целесообразности использования солнечной энергии в качестве дополнительного источника получения тепла и сокращение затрат электроэнергии при нагревании от бойлера. Значительные затраты энергии в тепловых процессах молокоперерабатывающего предприятия приходится на пастеризацию молока. Температурный интервал нагрева продукта до требуемого значения может составлять до 70 °С.

Выполненные аналитические исследования показали, что доминирующим фактором энергозатрат в тепловых процессах переработки молока является температура и объем теплоносителя – воды. Предварительный подогрев воды с помощью энергозамещающего устройства и подача к тепловым аппаратам позволит снизить расход электроэнергии или других теплоносителей и сделает производство менее энергозатратным [1]. Проведенные ранее эксперименты на кафедре технологии и оборудования производства и переработки продукции животноводства Академии биоресурсов и природопользования показали, что применение комплексного энергозамещающего устройства для начального подогрева воды при благоприятных погодных условиях в южных областях страны в теплое время года может снизить указанный выше интервал до 20–30 °С, а при неблагоприятных – до 40–50 °С [2].

С целью выбора гелиоколлекторов и разработки схемы энергозамещающего устройства были проведены исследования конструктивных особенностей и схем соединения гелиоколлекторов. Обзор существующих конструкций гелиоколлекторов показал, что основными их типами являются: плоский солнечный коллектор – самый распространенный вид солнечных коллекторов; коллектор в виде батареи стеклянных трубок; вакуумный солнечный коллектор с прямой теплопередачей воде, а также с встроенным теплообменником. Кроме того, определен интерес представляет вакуумный солнечный коллектор с тепловыми трубками [3].

Важным преимуществом солнечных коллекторов с тепловыми трубками является их способность работать при температурах до 35 °С (полностью стеклянные солнечные коллекторы с тепловыми трубками) или даже до 50 °С (солнечные коллекторы с металлическими тепловыми трубками).

Как показали предыдущие исследования, за счет солнечной тепловой энергии можно полностью обеспечить потребности в горячей воде в летнее время. В осенне-весенний период от солнца можно получить до 30 % необходимой энергии на

отопление и до 60 % от потребностей – на горячее водоснабжение.

Довольно распространенным, пожалуй, наиболее перспективным вариантом использования солнечной энергии для теплоснабжения производственных процессов малой и средней производительности является система, представляющая собой комбинацию солнечных коллекторов, бака-аккумулятора, одного или нескольких отопительных котлов.

Основными конструктивными элементами предложенного комплексного энергозамещающего устройства (КЭУ) является трубчатый гелиоприемник (гелиоколлектор) и бак-аккумулятор, установленные на несущей раме. Также устройство имеет систему водоснабжения с теплоизоляцией и термоизмерительный комплекс.

Экспериментальный КЭУ работает следующим образом. Циркуляция теплоносителя в этой установке осуществляется за счет изменения его плотности по мере нагревания солнечными лучами. При нагревании плотность теплоносителя снижается, в результате чего происходит перемещение нагретого теплоносителя вверх по гелиоколлектору и далее в бак-аккумулятор. Чем выше температура нагрева



Рисунок 1 – Экспериментально-производственное комплексное энергозамещающее устройство

Figure 1 – The experimental complex energy substitution device

теплоносителя (т.е. чем больше разница температур на входе и выходе из гелиоколлектора), тем больше разница плотности, больше температурный напор и, следовательно, скорость циркуляции. Нагретый теплоноситель, поступая в верхнюю часть бака-аккумулятора, вытесняет из нижней части прохладный теплоноситель. Вытесненный теплоноситель при этом перетекает по нижней части циркуляционного трубопровода в нижнюю часть гелиоколлектора, заполняя пространство. Забор нагретого теплоносителя (воды) из бака-аккумулятора осуществляется из верхней части [1–3].

В соответствии с этим разработана программа исследований влияния температурных параметров оборудования в тепловых процессах обработки молока на энергетические затраты и его качественные показатели с использованием КЭУ (рис. 1). Программа исследований включала в себя измерение температурных параметров КЭУ в течение длительного времени:

- входа и выхода потоков воды в нижнем коллекторе;
- выхода потока воды из верхнего коллектора;
- слоя воды в верхней части бака-аккумулятора;
- температуры наружного воздуха;
- температуры на абсорбере коллектора под стеклом.

Для проведения исследований была разработана методика, которая отвечает задачам программы [4–26].

#### Объекты и методы исследований

Экспериментальные исследования работы КЭУ проводились с целью проверки результатов, полученных при теоретическом обосновании конструктивных параметров и режимов работы. Задачами эксперимента было:

- проверка влияния угла наклона солнечного коллектора к горизонту и определение оптимального значения;
- проверка влияния угла установки КЭУ по отношению к оси юг-север.

В соответствии с поставленными целями и задачами программы экспериментальных исследований предусмотрено:

- разработка установки для нагрева воды;
- определение теплофизических параметров КЭУ.

Система измерения включает в себя: 8 термопар типа К (хромель-алюмель), изготовленных из проволоки диаметром 0,3 мм и покрытых кремнийорганической электроизоляцией с неизолированным спаем; контроллер Д-ИТ-8ПТ-RST; адаптер RS-485/USB; персональный компьютер и программное обеспечение для регистрации экспериментальных данных. Система обеспечивает измерение и регистрацию температуры в диапазоне – 40–65 °С при максимальной частоте регистрации 0,1 Гц. Контроллер оснащен встроенным термометром сопротивления для учета температуры холодного соединения термопар и программного преобразования электрических сигналов термопар и термометра сопротивления в температуру горячего спая термопары согласно номинальной характеристике преобразования. Система позволила



Рисунок 2 – Общий вид системы замера температурных данных на КЭУ

Figure 2 – The general view of the temperature reading system

записать сигналы термопар на жесткий диск персонального компьютера (рис. 2).

Датчики для исключения влияния температуры окружающей среды теплоизолированы и прикреплены к соответствующим трубопроводам КЭУ и бака-аккумулятора. Для измерения принята следующая нумерация датчиков прибора: 1 – наружный воздух; 2 – вход воды в нижний коллектор; 3 – выход воды из нижнего коллектора и вход в верхний; 4 – выход воды из верхнего коллектора; 5 – абсорбер под стеклом коллектора; 6 – вход воды в нижнюю часть бака-аккумулятора; 7 – вода в верхней части бака-аккумулятора; 8 – выход воды из верхней части бака-аккумулятора.

#### Результаты и их обсуждение

На основе экспериментальных исследований работы КЭУ проведена проверка результатов, полученных путем теоретического обоснования конструктивных параметров и режимов работы. Для проведения экспериментальных исследований разработана и изготовлена установка для нагрева воды на основе гелиоколлекторов. Системой записаны сигналы термопар на жесткий диск персонального компьютера. Датчики для исключения влияния температуры окружающей среды теплоизолированы и прикреплены к соответствующим трубопроводам КЭУ и бака-аккумулятора. Измерения проводились в течение недели круглосуточно. Данные измерений повторяемость в 30 сек записывались на персональный компьютер. После окончания замеров данные протоколов обрабатывались в программе Excel с построением диаграмм. Диаграммы измерений температурных данных на КЭУ для предварительного подогрева воды от бойлера представлены на рис. 3–5. На оси абсцисс диаграмм проставлено количество точек замера. На оси ординат приведена температура нагрева в °С.

На диаграмме (рис. 3) представлены данные замера температурных параметров теплоносителя, подготовленного с помощью КЭУ в течение недели с 13 по 19 июня 2018 года. Диаграмма представляет собой непрерывную круглосуточную запись всех температурных параметров КЭУ – от входа до выхода

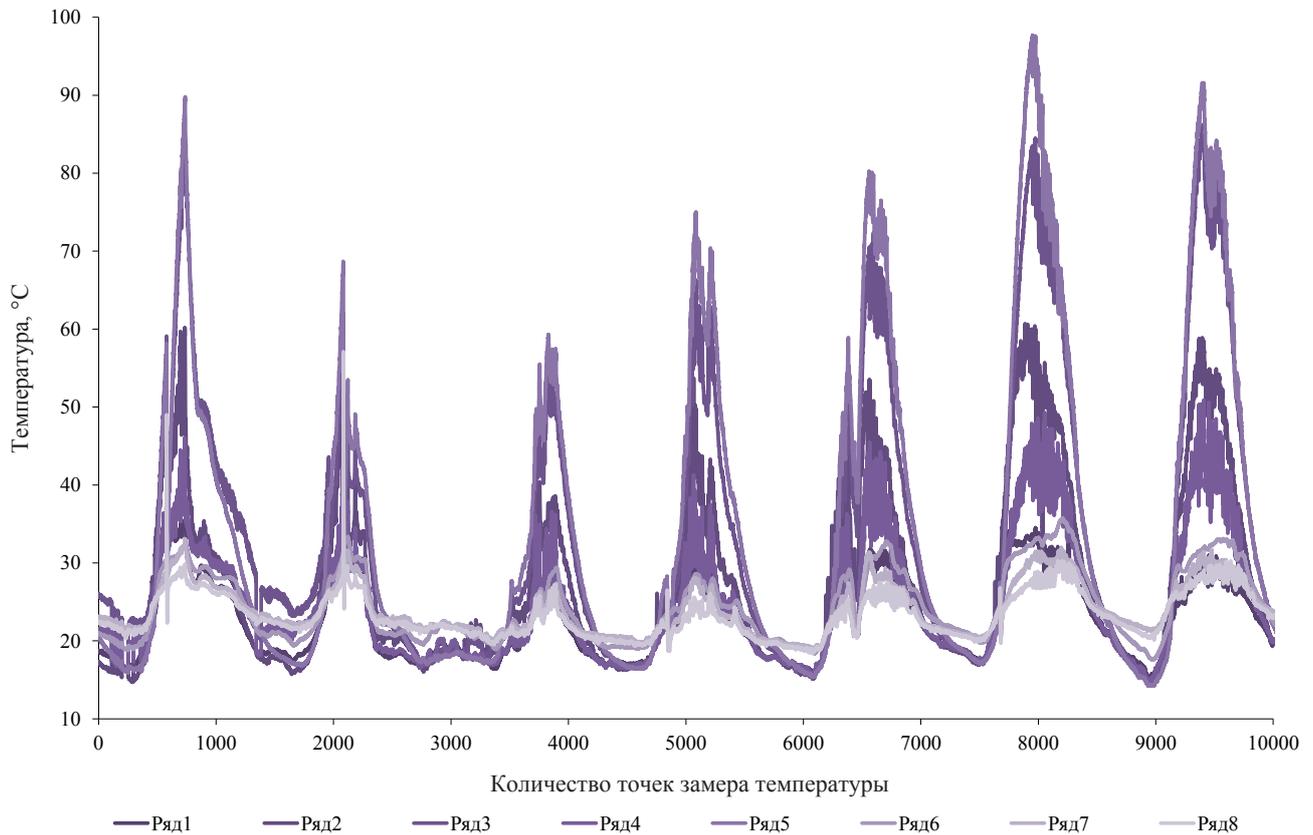


Рисунок 3 – Диаграмма температурных параметров работы КЭУ за период 13–19.06. 2018 г.

Figure 3 – Diagram of the temperature parameters in June 13–19, 2018

воды. Основными из них являются: температура воды на входе в нижний коллектор КЭУ (ряд 8); воды на выходе из первого (ряд 4) и второго коллектора (ряд 3); в верхней части бака-аккумулятора (ряд 2); под стеклом на поверхности абсорбера (ряд 5) и температура внешней среды (ряд 6). 13 июня (точки замера от 0 до 1500) характеризуется достаточно благоприятными погодными условиями. Температура поверхности абсорбера под стеклом достигала 90 °С, а воздух в полдень – около 30 °С. Благодаря этому температура воды с начальной 15 °С на выходе из первого коллектора составляла до 45 °С, а с другой – 80 °С; температура в баке-аккумуляторе достигла 60 °С. Таким образом, после направления этой воды к бойлеру, необходимость ее догрева до температуры пастеризации (85 °С) составляла около 25 °С. 14 июня (точки замера с 1500 до 3000) характеризуется менее благоприятными погодными условиями. Хотя температура внешней среды составляла в полдень около 24 °С, этот день был облачным, поэтому температура на поверхности абсорбера коллектора достигала не более 68 °С. При этих условиях температура воды с начальной 15 °С на выходе из первого коллектора составляла 32 °С, а с другой – 53 °С, температура в баке-аккумуляторе достигла 42 °С. Таким образом, после направления этой воды к бойлеру, температурный диапазон ее догрева составил около 43 °С. Неблагоприятные погодные условия 15 июня (точки замера с 3000 до 4500) сказались на температурных параметрах работы КЭУ. Температура нагрева абсорбера коллектора достигала менее 60 °С, т.к.

температура воздуха составляла около 23 °С. При этом температура воды с начальной 15 °С на выходе из первого коллектора составляла около 30 °С, а с другой – около 50 °С. Температура воды в баке-аккумуляторе составляла около 38 °С. Таким образом, температурный диапазон ее догрева составлял 47 °С. 16 июня наблюдалось постепенное повышение температуры внешней среды, что благоприятно отразилось на температурных параметрах работы КЭУ. При температуре воздуха около 26 °С температура поверхности абсорбера достигала 75 °С. При этом температура воды с начальной 16 °С на выходе из первого коллектора составляла около 40 °С, а с другой – около 70 °С. Всего температура воды в баке-аккумуляторе достигла 50 °С, что требовало ее догрева перед пастеризацией на 35 °С. 17 июня при температуре окружающей среды около 30 °С, температура абсорбера достигала 80 °С. Температура воды на выходе из первого коллектора достигла 45 °С, а с другой – 70 °С. В целом, температура воды в баке-аккумуляторе составила 52 °С, что требовало ее догрева перед пастеризацией на 33 °С. 18 июня температура внешней среды составляла около 32 °С, температура абсорбера при этом достигала 97 °С. Температура воды на выходе из нижнего коллектора составила 60 °С, а с верхней – 83 °С. Температура воды в баке-аккумуляторе достигла 60 °С, а диапазон догрева воды составил 25 °С. 19 июня наблюдалась почти такая же картина. Температура воды в баке-аккумуляторе составила 58 °С, с диапазоном догрева 27 °С.

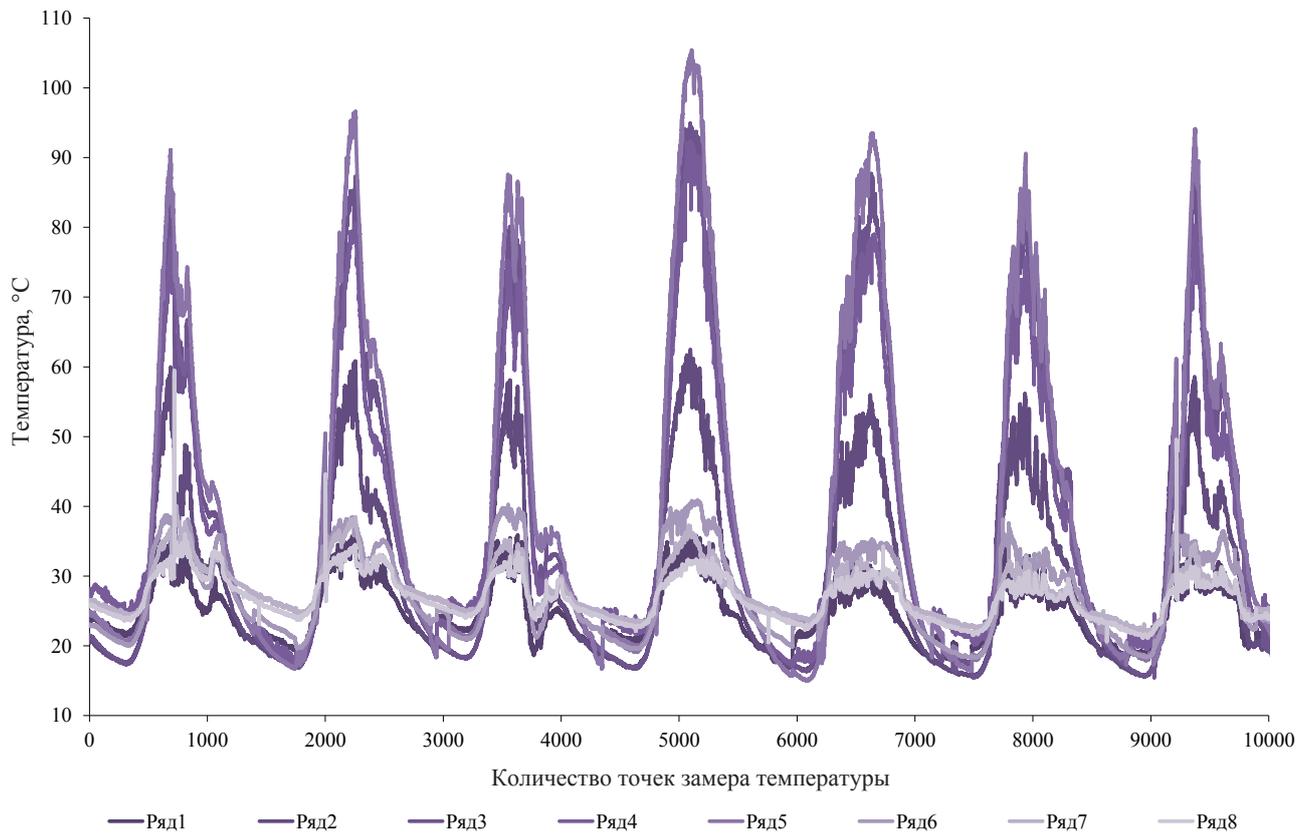


Рисунок 4 – Диаграмма температурных параметров работы КЭУ за 11–17.07.2018 г.

Figure 4 – Diagram of the temperature parameters in July 11–17, 2018

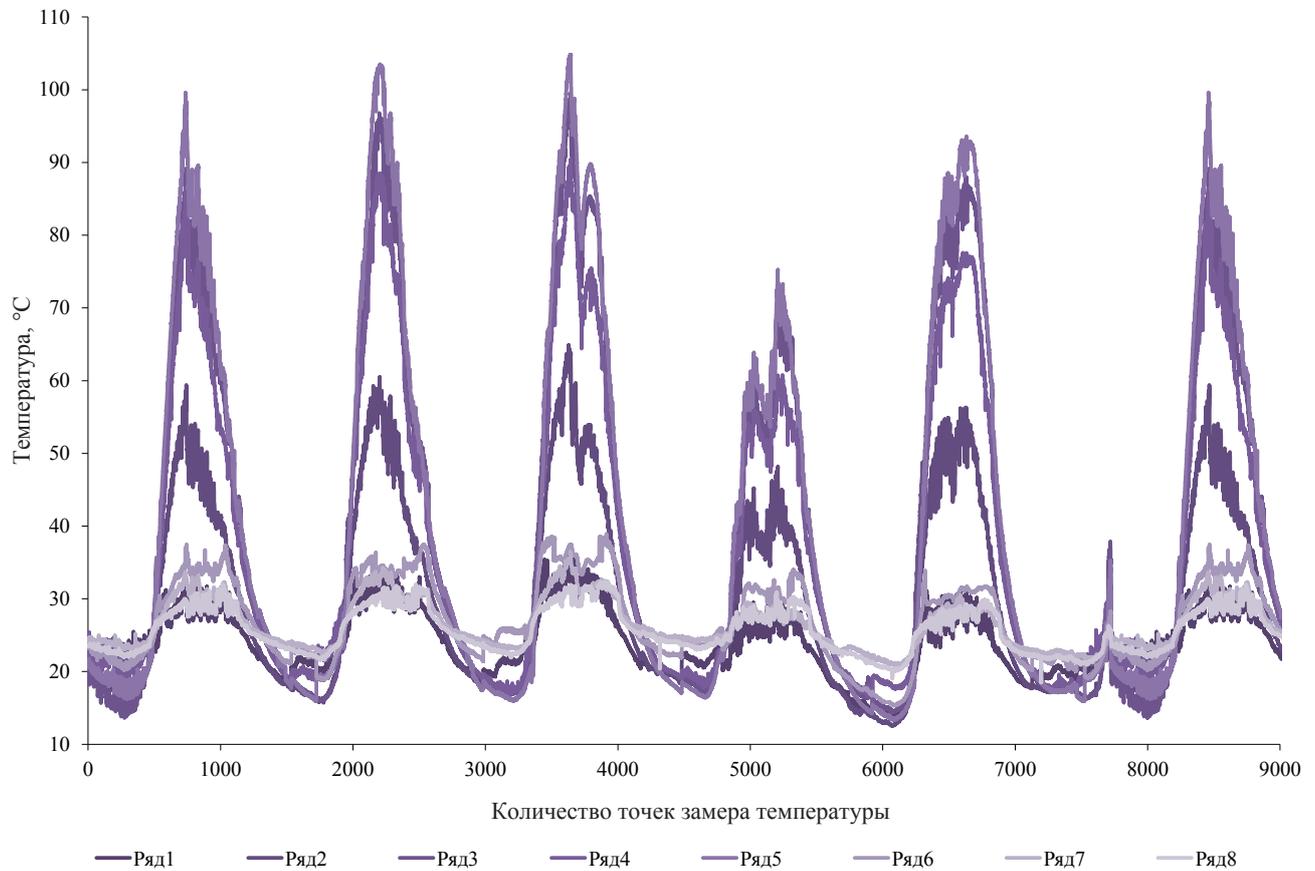


Рисунок 5 – Диаграмма температурных параметров работы КЭУ за 18–24.07.2018 г.

Figure 5 – Diagram of the temperature parameters in July 18–24, 2018

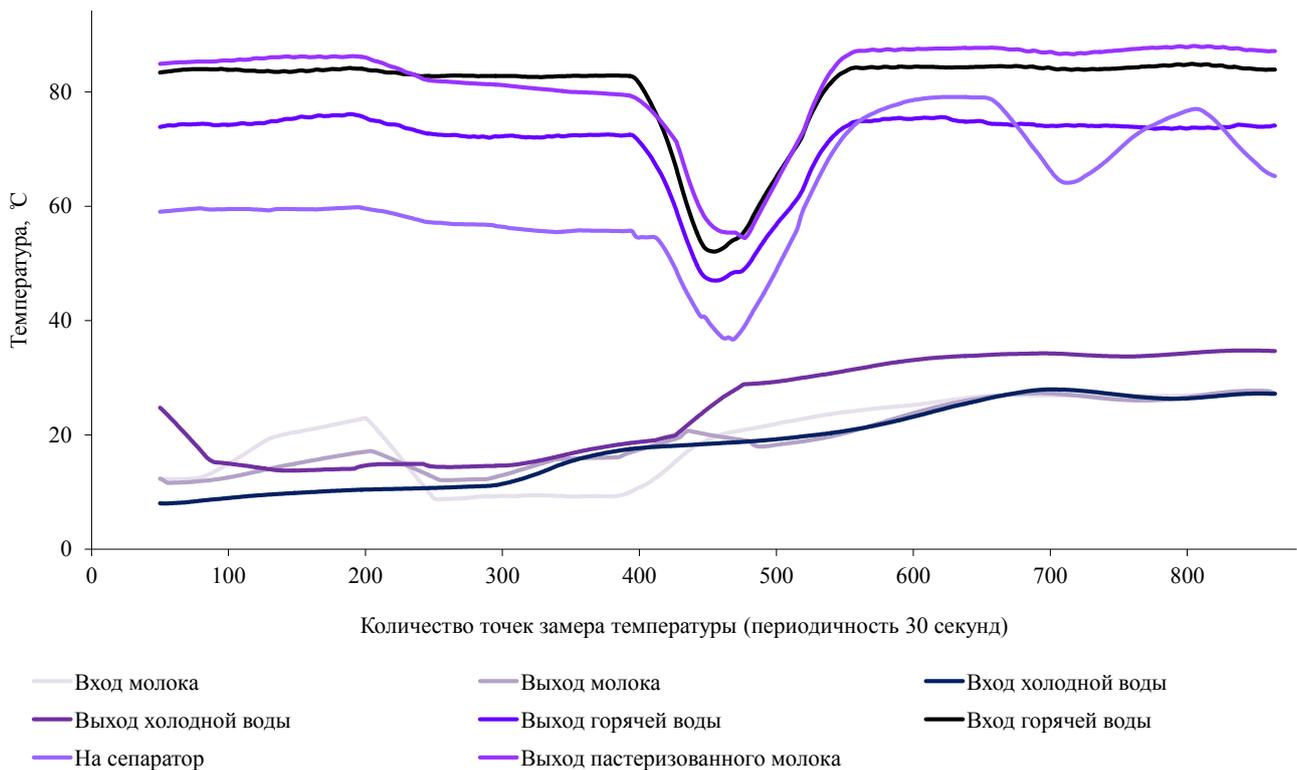


Рисунок 6 – Диаграмма замера температурных данных при тепловой обработке молока

Figure 6 – Diagram of the temperature readings during the thermal treatment of milk

Подводя итоги анализа диаграммы температурных параметров работы КЭУ в период с 13 по 19 июня 2018 года можно сказать, что в среднем, необходимый температурный диапазон догрева составлял 34 °С. Учитывая, что без КЭУ температурный диапазон нагрева воды от начальной температуры (15 °С) до конечной (85 °С) составляет 70 °С, экономия электроэнергии, за счет его сокращения до 36 °С составляет, в среднем, 4 кВт.ч на каждые 100 л воды.

Для сравнения проведены замеры в период с 11.07. по 17.07.2018г., а также с 18.07. по 24.07.2018г., которые показали следующее.

Температурные параметры работы КЭУ за период с 11 по 17 июля отмечают стабильностью солнечной радиации на поверхности абсорберов гелиоколлекторов. Температура их нагрева, в среднем, составляла около 90 °С. Благодаря этому температура воды в баке-аккумуляторе достигала 55–60 °С. Это дало изменение уменьшить необходимый температурный диапазон догрева воды на 40–45 °С. Экономия электроэнергии за эту неделю составляла 6,8 кВт.ч на каждые 100 л воды (рис. 4).

Температурные параметры КЭУ за период с 18 по 24 июля 2018 года в целом характерные для предшествующего периода. Обращает на себя внимание, что температура нагрева поверхности абсорбера гелиоколлекторов 18, 19, 20, и 24 июля достигала 100 °С, температура воды в баке-аккумуляторе достигала 60–65 °С. Это позволило уменьшить температурный диапазон догрева воды до 45–50 °С, что привело к экономии электроэнергии около 7,5 кВт.ч на каждые 100 л воды (рис. 5).

Для определения количества сэкономленной энергии при тепловой обработке молока в процессе пастеризации были проведены замеры температурных потоков на пластинчатом аппарате (рис. 6).

#### Выводы

Сравнивая данные температуры горячей воды, полученной в КЭУ, и технологической температуры нагрева воды (рис. 6) с начальной температурой водопроводной воды 13–15 °С, можно сделать следующие выводы:

- использование КЭУ позволяет вдвое уменьшить мощность электрических нагревательных элементов для нагрева, диапазон температуры нагрева теплоносителя для пастеризации молока сокращается на 32–35 °С, что составляет 37–41 кВт электроэнергии на каждую тонну молока;
- рекомендуются следующие параметры оборудования для пастеризации молока с использованием КЭУ с целью подогрева теплоносителя: площадь коллекторов КЭУ для предварительного нагрева в 2 м<sup>2</sup> обеспечивает 150 литров воды температурой 45–60 °С.

Сравнивая нормативные параметры температуры сквашивания молока (32–35 °С) с температурой воды в КЭУ (45–60 °С) можно сделать вывод о полном покрытии тепловых затрат в летнее время в южных регионах страны.

#### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### Благодарности

Авторы выражают благодарность руководству университета в предоставлении доступа к учебно-технологической лаборатории по переработке молока Академии биоресурсов и природопользования (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского» для получения экспериментальных данных.

### Финансирование

Статья выполнена согласно тематического плана инициативных научно-исследовательских работ на 2015–2019 годы (с корректировкой в 2017 г.) Академии биоресурсов и природопользования (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского».

### Список литературы

1. Использование комплексного энергозамещающего устройства для переработки молока / Ю. Б. Гербер, А. В. Гаврилов, А. П. Вербицкий [и др.] // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2016. – Т. 170, № 7 – С. 52–59.
2. Гербер, Ю. Б. Определение параметров секции предварительного подогрева пастеризатора с использованием КЭУ / Ю. Б. Гербер, А. В. Гаврилов // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2016. – Т. 168, № 5. – С. 56–61.
3. Карпович, Э. В. Перспективные направления использования солнечных батарей / Э. В. Карпович // Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт. – 2011. – № 4. – С. 34–36.
4. Источники развития альтернативной энергетики / А. В. Бобыль, А. Г. Забродский, В. Г. Малышкин [и др.] // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. – 2017. – № 92. – С. 31–35.
5. Бровцин, В. Н. Оптимизация параметров солнечной водонагревательной установки методом вычислительного эксперимента / В. Н. Бровцин // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. – 2013. – № 84. – С. 112–125.
6. Бровцин, В. Н. Обоснование оптимальных параметров преобразователей энергии солнца и ветра в электрическую / В. Н. Бровцин, А. Ф. Эрк // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. – 2014. – № 85. – С. 72–84.
7. Судаченко, В. Н. Обоснование критерия экономической эффективности совместного использования традиционных и возобновляемых энергоисточников / В. Н. Судаченко, Е. В. Тимофеев // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. – 2017. – № 92. – С. 35–43.
8. Марченко, О. В. Системные исследования эффективности возобновляемых источников энергии / О. В. Марченко, С. В. Соломин // Теплоэнергетика. – 2010. – № 11. – С. 12–17.
9. Пермяков, Э. Н. Нетрадиционные возобновляемые источники энергии: состояние и перспективы освоения / Э. Н. Пермяков // Энергетическое строительство. – 1993. – № 12. – С. 15–21.
10. Караева, Н. С. Развитие альтернативных источников энергии в решении проблем энергетики / Н. С. Караева, М. А. Кариев // Вестник Кыргызского национального аграрного университета им. К. И. Скрябина. – 2014. – Т. 31, № 2. – С. 331–335.
11. Тлеков, У. Г. Развитие альтернативных источников энергии в помощь решений проблем энергетики в РК / У. Г. Тлеков, Л. А. Садыгова // Актуальные проблемы энергетики АПК : сборник материалов VIII международной научно-практической конференции / Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова. – Саратов, 2017. – С. 261–264.
12. Алексеенко, С. В. Нетрадиционная энергетика и энергоресурсосбережение / С. В. Алексеенко // Инновации. Технологии. Решения. – 2006. – № 3. – С. 38–41.
13. Васильева, Г. А. Проблемы развития альтернативных источников энергетики России / Г. А. Васильева, Е. Н. Троянова // Современное инновационное общество: динамика становления, приоритеты развития, модернизация: экономические, социальные, философские, правовые, общенаучные аспекты : сборник материалов Международной научно-практической конференции / Новосибирский государственный технический университет. – Новосибирск, 2015. – С. 28–31.
14. Милованов, И. В. Анализ современного состояния развития энергетики при использовании альтернативных источников энергии / И. В. Милованов // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2013. – № 44. – С. 278–281.
15. Свалова, В. Б. Альтернативная энергетика: проблемы и перспективы / В. Б. Свалова // Мониторинг. Наука и технологии. – 2015. – Т. 24, № 3. – С. 82–97.
16. Шевцова, С. В. Анализ зарубежного опыта использования альтернативных видов энергии / С. В. Шевцова, Д. С. Жолудь // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. – 2010. – Т. 76, № 6. – С. 49–53.
17. Мучинская, А. В. Солнечная энергия в системе энергоснабжения сельскохозяйственных потребителей / А. В. Мучинская, А. Н. Синькевич // Сельскохозяйственные науки и агропромышленный комплекс на рубеже веков. – 2014. – № 8. – С. 158–161.
18. Сафонов, В. А. Тенденции, состояние, возможности, перспективы развития возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в республике Крым и г. Севастополь / В. А. Сафонов, А. А. Восканян // Энергетические установки и технологии. – 2017. – Т. 3, № 4. – С. 55–64.
19. Сабанчин, В. Р. Солнце как альтернатива традиционному топливу / В. Р. Сабанчин, А. Ф. Занина // Вестник УГУЭС. Наука, образование, экономика. Серия: Экономика. – 2014. – Т. 7, № 1. – С. 201–204.
20. Перспективные направления в сфере энергосбережения и электроснабжения Крыма / В. В. Энговатова, В. И. Демин, Е. И. Овчинникова [и др.] // Научные труды Кубанского государственного технологического университета. – 2015. – № 4. – С. 301–312.

21. Сухоручкина, Т. Ю. Проблемы развития возобновляемых источников энергии в России / Т. Ю. Сухоручкина, О. С. Атрашенко // *Энерго- и ресурсосбережение: промышленность и транспорт*. – 2016. – Т. 14, № 2. – С. 40–43.
22. Determination of basic parameters of solar panels / К. Тере, К. Agbenotowossi, G. Djeteli [и др.] // *Международный научный журнал: Альтернативная энергетика и экология*. – 2010. – Т. 82, № 2. – С. 22–27.
23. Gremenok, V. F. Thin film solar cells based on Cu (In, Ga) Se<sub>2</sub> / V. F. Gremenok // *ECOBALTICA № 2008: Proceedings of the VI International Youth Environmental Forum / Saint-Petersburg, 2006*. – С. 24–28.
24. Режим доступа: [http://www.avante.com.ua/rus/library/lib\\_perspektiv\\_soln\\_energetiki.htm](http://www.avante.com.ua/rus/library/lib_perspektiv_soln_energetiki.htm). – Дата доступа: 20.06.2018.
25. Бояринцев, А. Э. Альтернативные источники энергии [Электронный ресурс] / А. Э. Бояринцев, Н. М. Семенов // *Концепт*. – 2015. – Т. 25. – С. 106–110. – Режим доступа: <http://e-koncept.ru/2015/65324.htm>. – Дата доступа: 20.06.2018.
26. Магомедов, А. М. Нетрадиционные возобновляемые источники энергии [Электронный ресурс] / А. М. Магомедов // *Махачкала: Издательско-полиграфическое объединение «Юпитер»*. – 1996. – Режим доступа: <http://www.bibliotekar.ru/alterEnergy/26.htm>. – Дата доступа: 20.06.2018.

## References

1. Gerber Yu.B., Gavrilov A.V., Verbitsky A.P., and Sirotkina E.M. Using integrated energy replacing device for milk processing. *Transactions of Taurida Agricultural Science*, 2016, vol. 170, no. 7, pp. 52–59. (In Rus.).
2. Gerber Yu.B. and Gavrilov A.V. Determination of parameters of section of preheat of pasteurizer with the use of KEU. *Transactions of Taurida Agricultural Science*, 2016, vol. 168, no. 5, pp. 56–61. (In Rus.).
3. Karpovich E.V. Perspektivnye napravleniya ispol'zovaniya solnechnykh batarey [Prospective trends in the use of solar panels]. *Agricultural machinery: service and repair*, 2011, no. 4, pp. 34–36. (In Rus.).
4. Bobyl A.V., Zabrodsky A.G., Malyshkin V.G., Terukov E.I., and Erk A.F. Sources of alternative energy development. *Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva mekhanizirovannogo proizvodstva produktov rastenievodstva i zhivotnovodstva* [Technologies and technical means of mechanized production of plant-growing and livestock products], 2017, no. 92, pp. 31–35. (In Rus.).
5. Brovtin V.N. and Erk A.F. Optimization of parameters of a solar water heating installation through computational experiment. *Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva mekhanizirovannogo proizvodstva produktov rastenievodstva i zhivotnovodstva* [Technologies and technical means of mechanized production of plant-growing and livestock products], 2013, no. 84, pp. 112–125. (In Rus.).
6. Brovtin V.N. and Erk A.F. Substantiation of optimal parameters of solar and wind energy converters into electricity. *Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva mekhanizirovannogo proizvodstva produktov rastenievodstva i zhivotnovodstva* [Technologies and technical means of mechanized production of plant-growing and livestock products], 2014, no. 85, pp. 72–84. (In Rus.).
7. Sudachenko V.N., Erk A.F., and Timofeev E.V. Justification criterion of economic efficiency of joint use of traditional and renewable energy sources. *Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva mekhanizirovannogo proizvodstva produktov rastenievodstva i zhivotnovodstva* [Technologies and technical means of mechanized production of plant-growing and livestock products], 2017, no. 92, pp. 35–43. (In Rus.).
8. Marchenko O.V. and Solomin S.V. System studies for analyzing the efficiency of renewable energy sources. *Thermal Engineering*, 2010, no. 11, pp. 12–17. (In Rus.).
9. Permyakov E.N. Netraditsionnye vozobnovlyaemye istochniki ehnergii: sostoyanie i perspektivy osvoeniya [Unconventional renewable energy sources: state and development prospects]. *Ehnergeticheskoe Stroitel'stvo* [Energy Construction], 2011, no. 12, pp. 15–22. (In Rus.).
10. Karaeva N.S. and Kariev M.A. Razvitie al'ternativnykh istochnikov ehnergii v reshenii problem ehnergetiki [Development of alternative energy sources in solving the problems of power industry]. *Vestnik Kyrgyzskogo natsional'nogo agrarnogo universiteta im. K.I. Skryabina* [Bulletin of the Kyrgyz National Agrarian University K.I. Scriabin], 2014, vol. 31, no. 2, pp. 331–335. (In Rus.).
11. Tlekov Yu.G. and Sadygova L.A. Razvitie al'ternativnykh istochnikov ehnergii v pomoshch' resheniy problem ehnergetiki v RK [Development of alternative energy sources to help solve the problems of energy in the Republic of Kazakhstan]. *Sbornik materialov VIII mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii "Aktual'nye problemy ehnergetiki APK"* [Actual problems of energy in the agro-industrial sector: a collection of materials of the VIII International Scientific and Practical Conference]. Saratov, 2017. pp. 261–264. (In Rus.).
12. Aleeksenko S.V. Netraditsionnaya ehnergetika i ehnergoresursosberezhenie [Unconventional power engineering and energy saving]. *Innovatsii. Tekhnologii. Resheniya* [Innovations. Technology. Solutions], 2006, no. 3, pp. 38–41. (In Rus.).
13. Vasil'eva G.A. and Troyanova E.N. Problemy razvitiya al'ternativnykh istochnikov ehnergetiki Rossii [Problems of the development of alternative energy sources in Russia]. *Sbornik materialov Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii "Sovremennoe innovatsionnoe obshchestvo: dinamika stanovleniya, priority razvitiya, modernizatsiya: ehkonomicheskie, sotsial'nye, filosofskie, pravovye, obshchenauchnye aspekty"* [Modern innovative society: the dynamics of formation, development priorities, modernization: economic, social, philosophical, legal, general scientific aspects : a collection of materials of the International Scientific and Practical Conference]. Novosibirsk, 2015. pp. 28–31. (In Rus.).
14. Milovanov I.V. Analiz sovremennogo sostoyaniya razvitiya ehnergetiki pri ispol'zovanii al'ternativnykh istochnikov ehnergii [Analysis of the current state of energy development using alternative energy sources]. *Proceedings of the Kuban State Agrarian University*, 2013, no. 44, pp. 278–281. (In Rus.).
15. Svalova V.B. Alternative energy: challenges and prospects. *Monitoring. Science and Technology*, 2015, vol. 24, no. 3, pp. 82–97. (In Rus.).

16. Shevcova S.V. and Zholud D.S. Analysis of foreign experience of the use of alternative types of energy. *Energy saving. Power engineering. Energy audit*, 2010, vol. 76, no. 6, pp. 49–53. (In Rus.).
17. Muchinskay A.V. and Sin'kevich A.N. Solnechnaya ehnergiya v sisteme ehnergosnabzheniya sel'skokhozyaystvennykh potrebiteley [Solar Energy in the System of Energy Supply to Agricultural Consumers]. *Sel'skokhozyaystvennye nauki i agropromyshlennyy kompleks na rubezhe vekov* [Agricultural Sciences and Agribusiness at the Turn of the Century], 2014, no. 8, pp. 158–161. (In Rus.).
18. Safonov V.A. and Voskanyan A.A. Trends, status, opportunities, perspectives of development in obnvlennykh energy sources (v) in the republic of Crimea and Sevastopol. *Power plants and technologies*, 2017, vol. 3, no. 4, pp. 55–64. (In Rus.).
19. Sabanchin V.R. and Zanina A.F. Sun as an alternative to traditional fuel. *Bulletin USPTU. Science, education, economy. Series economy*, 2014, vol. 7, no. 1, pp. 201–204. (In Rus.).
20. Engovatova V.V., Demin V.I., Ovchinnikova E.I., and Engovatov A.V. Future directions in the field of energy and power of Crimea. *Scientific works of KubSTU*, 2015, no. 4, pp. 301–312. (In Rus.).
21. Suhoruchkin T.Yu. and Atrasenko O.S. Problems of development of renewable energy in Russia. *Energoi resursosbezhenie: Promyshlennost' u transport*, 2016, vol. 14, no. 2, pp. 40–43. (In Rus.).
22. Tepe K., Agbenotowossi K., Djeteli G., et al. Determination of basic parameters of solar panels. *International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology*, 2010, vol. 82, no. 2, pp. 22–27.
23. Gremenok V.F. Thin film solar cells based on Cu (In, Ga) Se<sub>2</sub>. *ECOBALTICA № 2008: Proceedings of the VI International Youth Environmental Forum*. Saint-Petersburg, 2006. pp. 24–28.
24. Available at: [http://www.avante.com.ua/rus/library/lib\\_perspektiv\\_soln\\_energetiki.htm](http://www.avante.com.ua/rus/library/lib_perspektiv_soln_energetiki.htm). (accessed 20 June 2018).
25. Boyarintsev A.Eh. and Semenenko N.M. Al'ternativnye istochniki ehnergii [Alternative sources of energy]. *Kontsept [Concept]*, 2015, vol. 25, pp. 106–110. (In Russ.). Available at: <http://e-koncept.ru/2015/65324.htm>. (accessed 20 June 2018).
26. Magomedov A.M. *Netraditsionnye vozobnovlyaemye istochniki ehnergii* [Non-conventional renewable energy sources]. Makhachkala: Jupiter Publ., 1996. (In Russ.). Available at: <http://www.bibliotekar.ru/alterEnergy/26.htm>. (accessed 20 June 2018).

#### **Гербер Юрий Борисович**

д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры технологии и оборудования производства и переработки продукции животноводства, Академия биоресурсов и природопользования, ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского», 295492, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, п. Аграрное, тел.: +7(978)-758-28-55, e-mail: gerber\_1961@mail.ru  
 <https://orcid.org/0000-0003-3224-6833>

#### **Гаврилов Александр Викторович**

канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры технологии и оборудования производства и переработки продукции животноводства, Академия биоресурсов и природопользования, ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского», 295492, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, п. Аграрное, тел.: +7(978)-736-61-57, e-mail: tehfac@mail.ru  
 <https://orcid.org/0000-0003-3382-0307>

#### **Вербицкий Алексей Петрович**

канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой технологии и оборудования производства и переработки продукции животноводства, Академия биоресурсов и природопользования, ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского», 295492, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, п. Аграрное, тел.: +7(978)-713-23-80, e-mail: aleksey195883@mail.ru  
 <https://orcid.org/0000-0001-8578-1288>

#### **Yuriy B. Gerber**

Dr.Sci.(Eng.), Professor, Professor of Technology and Equipment of Production and Processing of Products of Stock-raising department, Academy of Life and Environmental Sciences, V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Agrarnoe, Simferopol, 295492, Republic of Crimea, Russia, phone: +7(978)-758-28-55, e-mail: gerber\_1961@mail.ru  
 <https://orcid.org/0000-0003-3224-6833>

#### **Alexander V. Gavrilo**

Cand.Sci.(Eng.), Associate professor, Associate professor of technology and equipment of production and processing of products of stock-raising department, Academy of Life and Environmental Sciences, V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Agrarnoe, Simferopol, 295492, Republic of Crimea, Russia, phone: +7(978)-736-61-57, e-mail: tehfac@mail.ru  
 <https://orcid.org/0000-0003-3382-0307>

#### **Alexey P. Verbitsky**

Cand.Sci.(Eng.), Associate professor, Head of technology and equipment of production and processing of products of stock-raising department, Academy of Life and Environmental Sciences, V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Agrarnoe, Simferopol, 295492, Republic of Crimea, Russia, phone: +7(978)- 713-23-80, e-mail: aleksey195883@mail.ru  
 <https://orcid.org/0000-0001-8578-1288>

## Особенности очистки воды разделительным вымораживанием для производства восстановленного молока

Е. В. Короткая<sup>1</sup>, \*, И. А. Короткий<sup>1</sup>, А. В. Учайкин<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»,  
650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6

<sup>2</sup> ГБУ «Спортивный комплекс «Мегаспорт» Москомспорта»,  
125252, Россия, г. Москва, Ходынский бульвар, 3

Дата поступления в редакцию: 10.08.2018  
Дата принятия в печать: 20.09.2018

\*e-mail: korotkayael@mail.ru



© Е. В. Короткая, И. А. Короткий, А. В. Учайкин, 2018

**Аннотация.** Молоку и молочным продуктам, благодаря их высокой пищевой и биологической ценности, а также легкой усвояемости отводится значительное место в рационе питания населения. Использование сухого молока играет значительную роль в сглаживании сезонности производства молока и молочных продуктов. Выступая в качестве растворителя при производстве восстановленного молока, вода способна в значительной степени повлиять на качество готового продукта. В связи с этим проблема качества воды и ее подготовки для получения восстановленного молока представляется весьма актуальной. Применение метода разделительного вымораживания для водоподготовки позволяет не только сократить число этапов предварительной очистки воды, но и уменьшить энергетические затраты на водоподготовку. Цель данной статьи – установление влияния разделительного вымораживания на показатели качества воды, определение индекса растворимости сухого молока в воде, определение энергетических затрат на разделительное вымораживание. Исследования выполнялись на базе кафедры «Теплохладотехника» КемГУ. Разделительное вымораживание воды проводили в емкостном кристаллизаторе с контрольно-измерительным комплексом регистрации температур ОВЕН ТРМ1 при температурных режимах от –2 до –10 °С. Определены органолептические и физико-химические показатели воды до и после очистки разделительным вымораживанием, индекс растворимости сухого молока, а также показатели качества восстановленного молока, полученного на основе воды подготовленной разделительным вымораживанием. Проведенные исследования показали, что энергетически более выгодно проводить разделительное вымораживание воды при температуре –2 °С. Водоподготовка разделительным вымораживанием позволяет снизить содержание сухого остатка в водопроводной воде 8 раз, уменьшает общую жесткость воды в 2,5 раза, снижает содержание хлоридов и фторидов в 1,7 и 1,9 раза соответственно. Использование разделительного вымораживания позволило уменьшить индекса растворимости сухого молока с 0,35 до 0,1 см<sup>3</sup>. Это привело к улучшению качественных показателей восстановленного молока.

**Ключевые слова.** Вода, водоподготовка разделительное вымораживание, восстановленное молоко

**Для цитирования:** Короткая, Е. В. Особенности очистки воды разделительным вымораживанием для производства восстановленного молока / Е. В. Короткая, И. А. Короткий, А. В. Учайкин // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 3. С. 133–139. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-3-133-139>.

Original article

Available online at <http://fptt.ru/>

## Water Purification by Separate Freezing in Reconstituted Milk Production

Е.В. Korotkaya<sup>1</sup>, \*, I.A. Korotkiy<sup>1</sup>, A.V. Uchaykin<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Kemerovo State University,  
6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia

<sup>2</sup>Sports complex «Megasport» Moskomspport,  
3, Khodynsky Blvd., Moscow, 125252, Russia,

Received: August 10, 2018  
Accepted: September 20, 2018

\*e-mail: korotkayael@mail.ru



© E.V. Korotkaya, I.A. Korotkiy, A.V. Uchaykin, 2018

**Abstract.** Milk and dairy products play an important role in human diet due to their high nutritional and biological value, as well as to their easy digestibility. Milk powder makes it possible to improve the seasonal character of dairy foods. As a solvent in the production of reconstituted milk, water can significantly affect the quality of the finished product. In this regard, the problem of water quality and its preparation for the production of reconstituted milk is highly relevant. The method of separate freezing allows one to reduce the number of pre-treatment stages and energy costs. The research objectives were 1) to establish the effect of separate freezing on water quality indicators, 2) to determine the solubility index of milk powder in water prepared by the method in question, 3) to define

the energy costs. The research was carried out on the basis of the Department of Heat, Ventilation, and Air Conditioning Equipment (Kemerovo State University). The study was conducted with the help of a tank crystallizer with a controlling and measuring complex for registration of temperatures at temperatures from minus 2 to minus 10 °C. In defining the quality of water and reconstituted milk, the authors used standard methods for determining its organoleptic and physico-chemical parameters. The study made it possible to define the organoleptic and physico-chemical parameters of water before and after separate freezing, the solubility index of dry milk, and the quality of reconstituted milk obtained by the method. The research revealed that it is energetically more advantageous to carry out the procedure at the temperature of minus 2 °C. The present paper describes the numerous advantages of the method in that it reduces: 1) the dry residue content in tap water by 8 times, 2) the overall hardness of water by 2.5 times, 3) the content of chlorides and fluorides by 1.7 and 1.9 times, respectively, 4) the solubility index of milk powder from 0.35 to 0.1 cm<sup>3</sup>. All these factors improve the quality of reconstituted milk.

**Keywords.** Water, water treatment, separate freezing, reconstituted milk

**For citation:** Korotkaya E.V., Korotkiy I.A., and Uchaykin A.V. Water Purification by Separate Freezing in Reconstituted Milk Production. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2018, vol. 48, no. 3, pp. 133–139. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-3-133-139>.

## Введение

Молоко и молочные продукты занимают значительное место в ежедневном рационе питания современного человека. Они содержат в легко усвояемой и перевариваемой организмом форме все необходимые питательные вещества. Во многих регионах нашей страны, в силу особенностей природных условий, весьма существенны сезонные колебания поступления молока на промышленные предприятия по его переработке. Использование сухого молока позволяет сгладить сезонные колебания производства сырого молока и спрос на готовую молочную продукцию. Необходимо отметить, что сухое молоко используется не только для производства восстановленных молочных продуктов, но и для их обогащения – увеличения количества сухих веществ, повышения их пищевой ценности, придания определенных органолептических показателей, а также для улучшения структурно механических показателей. Сухое молоко применяют при производстве сухих смесей для детского питания, кондитерских и хлебобулочных изделий [1–4].

В ряде работ отечественных [5–12] и зарубежных [3, 14] ученых отмечается, что качественные показатели восстановленных молочных продуктов, продуктов, полученных на основе восстановленного молока, и молочных продуктов, при производстве которых используется сухое молоко или сыворотка, в немалой степени зависят от качества используемой воды.

Среди существующих методов водоподготовки выделяют химические, физические и физико-химические. Выбор того или иного метода зависит от таких факторов как состояние исходной воды, требования к конечному продукту, возможности производителя. Правильный выбор метода водоподготовки позволяет значительно повысить качественные показатели восстановленных молочных продуктов и продуктов, произведенных на их основе [6, 7, 15, 16].

Одним из перспективных и энергетически эффективных методов водоподготовки является вымораживание [17–21]. Применение разделительного вымораживания для водоподготовки представляется весьма интересным. Такой метод

позволяет исключить из процесса водоподготовки такие этапы, как очистка от механических примесей, осветление, удаление активного хлора и растворенных газов. Разделительное вымораживание позволяет получить воду с низким содержанием солей жесткости, что, несомненно, повлияет на процесс растворения сухого молока.

В связи с этим целью данной работы является установление влияния температуры вымораживания на качественные показатели воды и определение индекса растворимости сухого молока в воде подготовленной методом разделительного вымораживания, а также определение энергетических затрат на разделительное вымораживание воды.

## Объекты и методы исследования

В качестве исходной воды (контроля) использовали воду из водопроводной сети города Кемерово.

Показатели качества воды определяли в сертифицированном испытательном лабораторном центре Кемеровский ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии по железнодорожному транспорту».

Органолептические показатели (запах, привкус), а также мутность по ГОСТ 3351-74 «Вода питьевая. Методы определения вкуса, запаха, цветности и мутности».

Цветность по ГОСТ Р 52769-07 «Вода. Методы определения цветности».

Сухой остаток по ГОСТ 18164-72 «Вода питьевая. Метод определения содержания сухого остатка».

Жесткость общая комплексонометрически по ГОСТ Р 52407-05 «Вода питьевая. Методы определения жесткости».

Окисляемость воды по ПНДФ 14.1:2:4.154-99 «Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений перманганатной окисляемости в пробах питьевых, природных и сточных вод титриметрическим методом».

Содержание хлоридов по ГОСТ 4245-72 «Вода питьевая. Методы определения содержания хлоридов».

Содержание фторидов по ГОСТ 4386-89 «Вода питьевая. Методы определения массовой концентрации фторидов».

Содержание анионных поверхностно-активных веществ (АПАВ) по ГОСТ Р 51211-98 «Вода питьевая».

Методы определения содержания поверхностно-активных веществ».

В качестве объекта исследований использовали сухое обезжиренное молоко распылительной сушки ГОСТ РБ, СТБ 1858-2009, импортер ООО «Бетор», г. Новосибирск.

Титруемую кислотность восстановленного молока определяли потенциометрически по ГОСТ Р 54669-2011 «Молоко и продукты переработки молока. Методы определения кислотности».

Содержание жира – кислотным методом по ГОСТ 5867-90 «Молоко и молочные продукты. Методы определения жира».

Содержание белка – рефрактометрическим методом по ГОСТ 25179-90 «Молоко. Методы определения белка».

Содержание минеральных веществ по ГОСТ Р 54668-2011 «Молоко и продукты переработки молока. Методы определения массовой доли влаги и сухого вещества».

Содержание лактозы по ГОСТ Р 51259-99 «Молоко и молочные продукты. Метод определения лактозы и галактозы».

Индекс растворимости по ГОСТ Р ИСО 8156-2010 «Молоко сухое и сухие молочные продукты. Определение индекса растворимости».

Для получения восстановленного молока водоподготовку проводили методом разделительного вымораживания. При проведении исследований

использовали емкостной кристаллизатор с контрольно-измерительным комплексом регистрации температур ОВЕН ТРМ1 [22, 23]. Схема двухцилиндровой разделительной вымораживающей установки представлена на рисунке 1.

В одном из цилиндров на внутренней поверхности испарителя конденсатора происходит процесс намораживания льда, в другом цилиндре осуществляется плавление намерзшего льда. В первом случае змеевиковый теплообменник играет роль испарителя холодильной машины, а во втором – конденсатора. Переключение цилиндрических емкостей из режима намораживания в режим плавления осуществляется с помощью четырехходового клапана. Использование кристаллизаторов косвенного охлаждения позволяет значительно упростить технологию разделительного вымораживания за счет того, что незамерзшая жидкость по завершении процесса кристаллизации сливается из центральной емкости аппарата, затем замороженный лед плавится и очищенная вода удаляется из аппарата. Плавление льда в данной установке осуществляется за счет теплоты отводимой от воды, вымораживаемой в другом цилиндре, что повышает энергетическую эффективность установки.

Вымораживание воды проводили при различных температурах хладонотителя  $-2 \pm 0,05$ ,  $-5 \pm 0,05$ ,  $-7 \pm 0,05$  и  $-10 \pm 0,05$  °С в течении 15, 30, 60, 90, 120 и 180 мин. По истечении заданного промежутка времени незамерзшая вода сливалась и с помощью мерного цилиндра определялось количество выморозенной воды.

### Результаты и их обсуждение

Энергетические затраты на разделительное вымораживание воды определяли экспериментально по количеству потребленной разделительной вымораживающей установкой электроэнергии. На рисунке 2 представлены зависимости величин энергетических затрат на разделительное вымораживание при различных температурах хладонотителя.

Анализируя данные полученные при определении энергетических затрат на разделительное вымораживание, необходимо отметить, что при температуре  $-10$  °С зависимость энергопотребления от времени имеет практически линейный характер. При повышении температуры хладонотителя до  $-7$  °С энергетические затраты на разделительное вымораживание снижаются не значительно. Энергозатраты на кристаллизацию в течении 180 мин при температуре хладонотителя  $-2$  °С были на 40 % ниже, чем при температуре  $-10$  °С. Необходимо отметить, что при этом не учитывалось количество выморозенной воды.

Вода, используемая в производстве восстановленных и рекомбинированных молочных продуктов для растворения и нормализации, должна полностью соответствовать требованиям, предъявляемым к питьевой воде. Согласно СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические

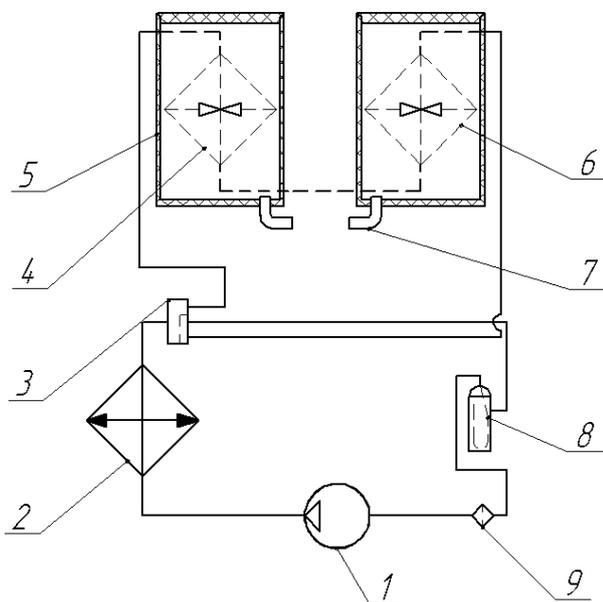


Рисунок 1 – Схема двухцилиндровой разделительной вымораживающей установки: 1 – компрессор; 2 – предконденсатор; 3 – четырехходовой клапан; 4,6 – испаритель-концентратор; 5 – цилиндрическая теплоизоляционная емкость; 7 – сливной трубопровод; 8 – отделитель жидкости; 9 – фильтр осушитель

Figure 1 – Diagram of a two-cylinder separate freezing unit: 1 – compressor; 2 – precondenser; 3 – four-way valve; 4,6 – evaporator concentrator; 5 – cylindrical heat-insulating capacity; 7 – drain pipe; 8 – liquid separator; 9 – filter dryer

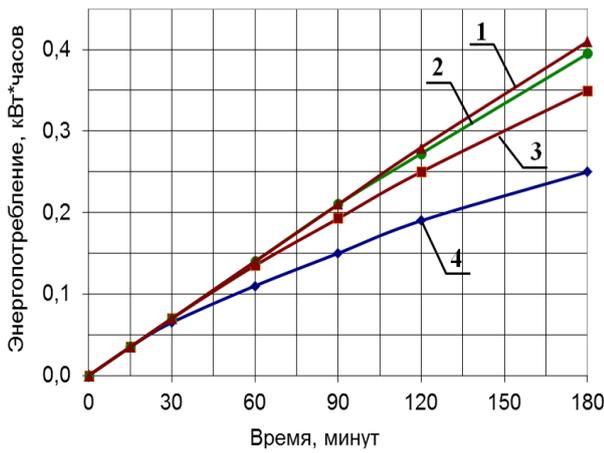


Рисунок 2 – Величина энергопотребления в процессе кристаллизации при температуре хладоносителя: 1) –10 °С; 2) –7 °С; 3) –5 °С; 4) –2 °С

Figure 2 – Energy consumption in the process of crystallization at the temperature of the coolant: 1) –10 °C; 2) –7 °C; 3) –5 °C; 4) –2 °C

требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества» питьевая вода должна иметь соответствующие органолептические свойства, быть безвредной по химическому составу и безопасной в эпидемическом и радиационном отношении. Нормативы некоторых физико-химических показателей качества питьевой воды приведены в таблице 1.

В производстве восстановленных молочных продуктов вода, выступая в качестве растворителя, взаимодействует с растворимыми (минеральные вещества, лактоза) и нерастворимыми (молочный жир, белки) компонентами сухого молока и предопределяет основные факторы, обуславливающие физико-химические и органолептические свойства готового продукта. Согласно Н. Н. Липатову процесс растворения сухого молока включает в себя следующие стадии: растворение лактозы и минеральных веществ; распределение белка и жира в растворе; гидратация дисперсной фазы; выделение из продукта избыточного воздуха. В результате происходит образование дисперсной системы, где дисперсионной средой является раствор лактозы и минеральных веществ в воде, а

Таблица 1 – Основные обобщенные физико-химические показатели качества воды

Table 1 – The generalized main physico-chemical indicators of water quality

Показатель	Нормативы по СанПиН
Водородный показатель, pH	6–9
Общая минерализация (сухой остаток), мг/дм <sup>3</sup>	1000
Жесткость общая, мг-экв./дм <sup>3</sup>	7
Окисляемость перманганатная, мг/дм <sup>3</sup>	5,0
Поверхностно-активные вещества (ПАВ) анионоактивные, мг/дм <sup>3</sup>	0,5
Фенольный индекс, мг/дм <sup>3</sup>	0,25

жировая и белковая фракции представляют собой дисперсную фазу. Дисперсность белка и жира в восстановленном молоке должна соответствовать их дисперсности в натуральном молоке. Эффективность процесса растворения зависит не только от свойств используемого сухого молока, но и от качества используемой воды.

Жесткость воды – это один из важнейших показателей, который способен повлиять на качество восстановленного молока и молочных продуктов [5, 6, 9]. Процесс растворения сухого молока в жесткой воде протекает медленнее. Повышенное содержание ионов кальция и магния в жесткой воде уменьшает растворимость сухого молока. Это приводит к снижению пищевой ценности, понижается устойчивость белков в восстановленном молоке. При дальнейшей термообработке такого молока возможна преждевременная коагуляция белков.

Органолептические свойства воды также способны в значительной степени повлиять на качество восстановленных молочных продуктов из-за придания им нежелательных запахов и привкусов. В этой связи необходимо контролировать содержание в воде нитратов, сульфатов и хлоридов.

Исходя из данных, полученных при определении энергетических затрат на разделительное вымораживание воды, водоподготовку осуществляли при двух температурных режимах: –2 °С и –5 °С. Проводили сравнительный анализ показателей качества воды из водопроводной сети (контроля) и воды очищенной методом разделительного вымораживания. Качество полученной воды оценивали по основным физико-химическим показателям, представленным в таблице 1. На рисунке 3 показано влияние температуры вымораживания воды на общую жесткость и содержание сухого остатка.

Минимальное содержание солей жесткости было отмечено в воде, вымороженной при температуре –2 °С.

Результаты, проведенных ранее исследований [22, 23], показали, что для получения воды с высокими показателями качества разделительное вымораживание необходимо проводить при температуре –2 °С. В этом случае скорость кристаллизации минимальна, следовательно, в

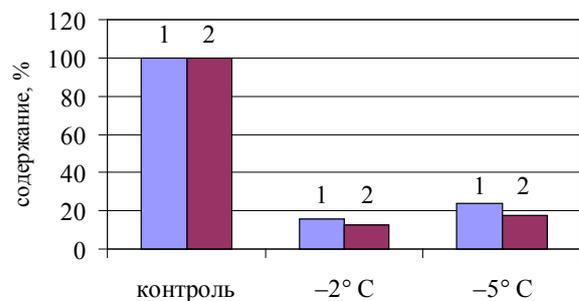


Рисунок 3 – Изменение общей жесткости воды (1) и содержания сухого остатка (2) в зависимости от температуры вымораживания

Figure 3 – Change in the total hardness of water (1) and the content of dry residue (2) according to the freezing temperature

Таблица 2 – Показатели качества исследованных образцов воды

Table 2 – Quality indicators of the water samples

Показатель	Контроль / Вымороженная
Запах, балл	2 / 0
Привкус, балл	0 / 0
Мутность, ЕМФ	1,1 ± 0,2 / менее 1,0
Цветность, градус	1,2 ± 0,4 / менее 1,0
Сухой остаток, мг/дм <sup>3</sup>	154,4 ± 15,4 / 19,6 ± 0,2
Жесткость общая, мг-экв./дм <sup>3</sup>	2,5 ± 0,4 / 1,0 ± 0,1
Окисляемость перманганатная, мг/л	1,61 ± 0,32 / 1,45 ± 0,29
Хлориды, мг/дм <sup>3</sup>	8,2 ± 1,7 / 4,7 ± 1,0
Фториды, мг/дм <sup>3</sup>	0,19 ± 0,04 / 0,1 ± 0,02
АПАВ	менее 0,015 / менее 0,015

образующийся массив льда захватывается меньшее количество растворенных в воде веществ. Очищенная вода будет содержать минимальное количество солей жесткости, что согласуется с данными, полученными авторами работ [17] и [20].

Поэтому для растворения сухого молока очистку воды разделительным вымораживанием проводили в течение 180 мин при температуре хладоносителя –2 °С. В таблице 2 приведены значения показателей качества воды из водопроводной сети г. Кемерово (контроль) и воды, очищенной разделительным вымораживанием при температуре хладоносителя –2 °С.

Анализ полученных экспериментальных данных (табл. 2) показал, что применение разделительного вымораживания позволило снизить общую жесткость в 2,5 раза, сухой остаток почти в 8 раз, содержание хлоридов и фторидов в 1,7 и 1,9 раз соответственно.

Для получения восстановленного молока выполняли следующие технологические этапы. Водопроводная вода заливалась в рабочую емкость кристаллизатора, на стенках которой поддерживалась температура –2 °С. Через 180 мин незамерзшая вода сливалась, образовавшийся лед плавился. Полученная таким образом вода использовалась для восстановления сухого молока. Растворение сухого молока в воде проводили при температуре 38–40 °С с использованием механической мешалки. Не растворившиеся комочки удаляли грубой фильтрацией. Далее, продукт охлаждали до 5–8 °С и выдерживали в течение 3–4 часов после чего гомогенизировали, подвергали пастеризации и охлаждали до температуры 4–6 °С.

Некоторые физико-химические показатели восстановленного молока, полученного с использованием воды, подготовленной методом разделительного вымораживания, приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Физико-химические показатели восстановленного молока

Table 3 – Physical and chemical indicators of reconstituted milk

Показатель	Содержание, г/100 г
Жир	0,05 ± 0,03
Белок	3,2 ± 0,1
Лактоза	4,8 ± 0,1
Минеральные вещества	0,9 ± 0,2
Кислотность, °Т	16,0 ± 0,5

Для оценки эффективности технологических процессов при производстве восстановленного молока важным показателем является индекс растворимости – объем нерастворимого остатка (в см<sup>3</sup>), полученного после восстановления сухого молока и центрифугирования восстановленного молока в условиях, установленных ГОСТ Р ИСО 8156-2010. Средние значения индекса растворимости сухого обезжиренного молока в водопроводной воде и воде, подготовленной разделительным вымораживанием, составили 0,35 ± 0,02 и 0,1 ± 0,02 см<sup>3</sup>. Уменьшение индекса растворимости сухого молока в воде подготовленной разделительным вымораживанием объясняется более низким содержанием солей жесткости, чем в водопроводной воде.

### Выводы

Проведенные исследования показали, что энергетически выгодно проводить водоподготовку разделительным вымораживанием при температурах от –5 °С до –2 °С, а для более точного определения энергоэффективности процесса необходимо учитывать количество вымороженной воды.

Применение разделительного вымораживания улучшает качественные показатели воды, уменьшая содержание сухого остатка, снижая ее общую жесткость и содержание хлоридов и фторидов.

Использование вымороженной воды для восстановления сухого молока позволяет уменьшить индекс растворимости, а также положительно влияет на компонентный состав молока. Содержание минеральных веществ в восстановленном молоке незначительно отличается от содержания в натуральном (0,8 г на 100 г продукта). Таким образом, использование метода разделительного вымораживания для очистки воды позволило получить восстановленное молоко с хорошими показателями качества.

### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### Список литературы

1. Краткий справочник специалиста молочно-консервного производства / А. Г. Галстян, И. А. Радаева, С. Н. Туровская [и др.]; под ред. А. Г. Галстяна. – М.: Изд-во ООО «Ритм», 2011. – 152 с.
2. Бабенко А. Плюсы и минусы восстановленного молока / А. Бабенко // Молочная сфера. – 2016. – Т. 57, № 2. – С. 14.
3. Changing the properties of dre milk products during recovery / О. Р. Hrebelnyk, G. P. Kalinina, A. H. Pukhliak [et al.] // Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnology. – 2016. – Vol. 18, № 1–4. – P. 59–64.

4. Prosekov, A. Yu. Providing food security in the existing tendencies of population growth and political and economic instability in the world / A. Yu. Prosekov, S. A. Ivanova // *Foods and Raw Materials*. – 2016. – Vol. 4, № 2. – P. 201–211. DOI: <https://doi.org/10.21179/2308-4057-2016-2-201-211>.
5. Фролов, Г. А. Теоретические основы растворения сухих молочных продуктов в воде / Г. А. Фролов, А. Г. Галстян, А. Н. Петров // *Молочная промышленность*. – 2008. – № 1. – С. 84–85.
6. Попова, Н. В. Водоподготовка в технологии восстановленных продуктов переработки молока как фактор их качества / Н. В. Попова // *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии*. – 2014. – Т. 2, № 4. – С. 27–35.
7. Фролов, Г. А. Системы водоподготовки в производстве восстановленных молочных продуктов / Г. А. Фролов, А. Г. Галстян, А. Н. Петров // *Пищевая промышленность*. – 2008. – № 3. – С. 42–43.
8. Галстян, А. Г. К вопросу восстановления сухих молочных продуктов / А. Г. Галстян, А. Н. Петров, Г. А. Фролов // *Хранение и переработка сельхозсырья*. – 2008. – № 5. – С. 37–39.
9. Голубева, Л. В. Влияние степени очистки питьевой воды на показатели восстановленного обезжиренного молока / Л. В. Голубева [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ecodoma.ru/info/inf6/>. – Дата обращения: 05.06.2018.
10. Капленко, А. Н. Выработка рассольного сыра из восстановленного молока / А. Н. Капленко, И. А. Евдокимов, Н. Н. Капленко // *Сыростроение и маслоделие*. – 2015. – № 5. – С. 18–20.
11. Справочник по переработке молочной сыворотки / Г. Б. Гаврилов, А. Ю. Просеков, Э. Ф. Кравченко [и др.]. – СПб: Издательство Профессия, 2015. – 176 с.
12. On ways demineralization of whey / A. Yu. Prosekov, E. V. Ul'rih, V. G. Budrik [et al.] // *International Journal of Applied and Fundamental Research*. – 2013. – № 1. – P. 3.
13. Bratsikhin, A. Reconstitution of Dry Whey by Cavitation Disintegration Based on the Water Catholyte / A. Bratsikhin, K. Kostenko, D. Salmanova // *Journal of Hygienic Engineering and Design*. – 2017. – Vol. 21. – P. 103–107.
14. The effect of pH on the wetting and dissolution of milk protein isolate powder / S. Wu, J. Fitzpatrick, K. Cronin [et al.] // *Journal of Food Engineering*. – 2019. – Vol. 240. – P. 114–119. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.07.022>.
15. Попова, Н. В. Обеспечение интенсификации технологии восстановления сухого молока на основе методов математического моделирования / Н. В. Попова // *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии*. – 2016. – Т. 4, № 1. – С. 29–38. DOI: <https://doi.org/10.14529/food160104>.
16. Ультразвуковая обработка молочных систем для улучшения их свойств / С. Д. Шестаков, О. Н. Красуля, Р. Ринк [и др.] // *Техническая акустика*. – 2013. – Т. 13. – С. 7.
17. Изучение эффективности очистки воды от сульфатов металлов методом неполного замораживания / Н. Л. Лаврик, В. В. Борискин, К. Л. Данилов [и др.] // *Химия в интересах устойчивого развития*. – 2009. – Т. 17, № 1. – С. 43–50.
18. Investigation of the depletion of ions through freeze desalination / L. Erlbeck, M. Rädle, R. Nessel [et al.] // *Desalination*. – 2017. – Vol. 407. – P. 93–102. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.desal.2016.12.009>.
19. Freeze desalination of seawater using LNG cold energy / J. Chang, J. Zuo, K.-J. Lu [et al.] // *Water Research*. – 2016. – Vol. 102. – P. 282–293. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2016.06.046>.
20. Karamoddin, M. Water purification by freezing and gas hydrate processes, and removal of dissolved minerals (Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup>) / M. Karamoddin, F. Varaminian // *Journal of Molecular Liquids*. – 2016. – Vol. 223. – P. 1021–1031. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2016.08.099>.
21. Hasan, M. Water purification of aqueous nickel sulfate solutions by air cooled natural freezing / M. Hasan, M. Louhi-Kultanen // *Chemical Engineering Journal*. – 2016. – Vol. 294. – P. 176–184. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2016.02.114>.
22. Короткая, Е. В. Очистка воды вымораживанием в емкостном кристаллизаторе / Е. В. Короткая, И. А. Короткий, А. В. Учайкин // *Вестник КрасГАУ*. – 2015. – Т. 105, № 6. – С. 140–145.
23. Короткий, И. А. Исследование процессов очистки воды разделительным вымораживанием / И. А. Короткий, Е. В. Короткая, А. В. Учайкин // *Техника и технология пищевых производств*. – 2015. – Т. 38, № 3. – С. 89–94.

## References

1. Galstyan A.G., Radaeva I.A., Turovskaya S.N., et al. *Kratkiy spravochnik spetsialista molochno-konservnogo proizvodstva* [A brief reference book of a specialist in dairy canning production]. Moscow: Rhythm Publ., 2011. 152 p. (In Russ.).
2. Babenko A. Plyusy i minusy vosstanovlennogo moloka [Pros and cons of reconstituted milk]. *SFERA: Milk industry*, 2016, vol. 57, no. 2, pp. 14. (In Russ.).
3. Hrebelyuk O.P., Kalinina G.P., Pukhliak A.H., and Starovoytova A.A. Changing the properties of dre milk products during recovery. *Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnology*, 2016, vol. 18, no. 1–4, pp. 59–64.
4. Prosekov A.Yu. and Ivanova S.A. Providing food security in the existing tendencies of population growth and political and economic instability in the world. *Foods and Raw Materials*, 2016, vol. 4, no. 2, pp. 201–211. DOI: <https://doi.org/10.21179/2308-4057-2016-2-201-211>.
5. Frolov G.A., Galstyan A.G., and Petrov A.N. Theoretical bases of milk powders solving in water. *Dairy industry*, 2008, no. 1, pp. 84–85. (In Russ.).
6. Popova N.V. Treated water processing in the recovery technology of milk processing products as a quality factor. *Bulletin of South Ural State University. Series: Food and Biotechnology*, 2014, vol. 2, no. 4, pp. 26–35. (In Russ.).

7. Frolov G.A., Galstyan A.G., and Petrov A.N. Systems of water-preparation in manufacture of the restored dairy products. *Food processing industry*, 2008, no. 3, pp. 42–43. (In Russ.).
8. Galstyan A.G., Petrov A.M., and Frolov G.A. About restoration of dry dairy products. *Storage and processing of farm products*, 2008, no. 5, pp. 37–39. (In Russ.).
9. Golubeva L.V. *Vliyanie stepeni ochistki pit'evoy vody na pokazateli vosstanovlennogo obezhirennoogo moloka* [The influence of the degree of drinking water purification on the quality indicators of reconstituted skim milk]. Available at: <http://www.ecodoma.ru/info/inf6/>. (accessed 5 June 2018).
10. Kaplenko A.N., Evdokimov I.A., and Kaplenko N.N. Production of brine cheese from reconstituted milk. *Magazine Cheesemaking and Buttermaking*, 2015, no. 5, pp. 18–20. (In Russ.).
11. Gavrilov G.B., Prosekov A.Yu., Kravchenko Eh.F., and Gavrilov B.G. *Spravochnik po pererabotke molochnoy syvorotki* [A Guide to Whey Processing]. St. Petersburg: Professiya Publ., 2015. 176 p. (In Russ.).
12. Prosekov A.Yu., Ul'rih E.V., Budrik V.G., Botina S.G., and Agarkova E.Yu. On ways demineralization of whey. *International Journal of Applied and Fundamental Research*, 2013, no. 1, pp. 3.
13. Bratsikhin A., Kostenko K., and Salmanova D. Reconstitution of Dry Whey by Cavitation Disintegration Based on the Water Catholyte. *Journal of Hygienic Engineering and Design*, 2017, vol. 21, pp. 103–107.
14. Wu S., Fitzpatrick J., Cronin K., and Miao S. The effect of pH on the wetting and dissolution of milk protein isolate powder. *Journal of Food Engineering*, 2019, vol. 240, pp. 114–119. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.07.022>.
15. Popova N.V. Provision of intensification of technologies of milk recombination on the basis of methods of mathematical modelling. *Bulletin of South Ural State University. Series: Food and Biotechnology*, 2016, vol. 4, no. 1, pp. 29–38. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.14529/food160104>.
16. Shestakov S.D., Krasulya O.N., Rink R., and Ashokkumar M. Sonication of dairy systems improves their properties. *Technical Acoustics*, 2013, vol. 13, pp. 7. (In Russ.).
17. Lavrik N.L., Boriskin V.V., Danilov K.L., and Brednev V.A. Investigation of the efficiency of water purification from sulphates by means of incomplete freezing. *Chemistry for Sustainable Development*, 2009, vol. 17, no. 1, pp. 43–50. (In Russ.).
18. Erlbeck L., Rädle M., Nessel R., et al. Investigation of the depletion of ions through freeze desalination. *Desalination*, 2017, vol. 407, pp. 93–102. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.desal.2016.12.009>.
19. Chang J., Zuo J., Lu K.-J., and Chung T.-S. Freeze desalination of seawater using LNG cold energy. *Water Research*, 2016, vol. 102, pp. 282–293. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2016.06.046>.
20. Karamoddin M. and Varaminian F. Water purification by freezing and gas hydrate processes, and removal of dissolved minerals (Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup>). *Journal of Molecular Liquids*, 2016, vol. 223, pp. 1021–1031. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2016.08.099>.
21. Hasan M. and Louhi-Kultanen M. Water purification of aqueous nickel sulfate solutions by air cooled natural freezing. *Chemical Engineering Journal*, 2016, vol. 294, pp. 176–184. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2016.02.114>.
22. Korotkaya E.V., Korotkiy I.A., and Uchaykin A.V. Water purification by freezing in capacitive crystallizer. *The Bulletin of KrasGAU*, 2015, vol. 105, no. 6, pp. 140–145. (In Russ.).
23. Korotkiy I.A., Korotkaya E.V., and Uchaykin A.V. Investigation of the process of water purification using separation freezing. *Food Processing: Techniques and technology*, 2015, vol. 38, no. 3, pp. 88–93. (In Russ.).

#### **Короткая Елена Валерьевна**

д-р техн. наук, доцент, профессор кафедры общей и неорганической химии, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (983) 216-58-53, e-mail: korotkayael@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-6210-3756>

#### **Короткий Игорь Алексеевич**

д-р техн. наук, профессор, директор «ИнЭОК», ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (983) 216-58-54, e-mail: krot69l@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-7623-0940>

#### **Учайкин Алексей Владимирович**

Начальник отдела водоподготовки ГБУ «Спортивный комплекс «Мегаспорт» Москомспорта», 125252, Россия, г. Москва, Ходынский бульвар, тел.: +7 (495) 643-18-18, e-mail: uchaikin\_aleksei@mail.ru

#### **Elena V. Korotkaya**

Dr.Sci.(Eng.), Associate Professor, Professor of the Department of General and inorganic chemistry, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (983) 216-58-53, e-mail: korotkayael@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-6210-3756>

#### **Igor A. Korotkiy**

Dr.Sci.(Eng.), Professor, Director of «InEEC», Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (983) 216-58-54, e-mail: krot69l@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-7623-0940>

#### **Aleksey V. Uchaykin**

Head of Department Water preparation, Sports complex «Megasport» Moskomspport, 3, Khodynsky Blvd., Moscow, 125252, Russia, phone: +7 (495) 643-18-18, e-mail: uchaikin\_aleksei@mail.ru

## Современные правовые формы обеспечения производства и оборота органической продукции

З. Ю. Белякова 

*Всероссийский научно-исследовательский институт  
молочной промышленности,  
115093, Россия, г. Москва, ул. Люсиновская, 35-7*

*Дата поступления в редакцию: 15.10.2018  
Дата принятия в печать: 05.11.2018*

*e-mail: gostmak@yandex.ru*



© З. Ю. Белякова, 2018

**Аннотация.** Органическая пищевая продукция – сложный объект технического регулирования, объединяющий требования к собственно готовой пищевой продукции и процессам ее производства, неразрывно связанный с жесткими требованиями и принципами органического сельского хозяйства и имеющий специфические особенности подтверждения соответствия. Российская Федерация находится на начальном этапе формирования законодательной базы в части органической продукции и особенностей ее производства, в то время, как многие страны (особенно США и страны ЕС) вплотную занимаются этими вопросами более 20 лет. Развитие органического сельского хозяйства и производства соответствующей продукции в России имеет хорошие перспективы. Опыт стран с высокими темпами наращивания органического производства показал, что ключевыми моментами для успешного формирования сектора органической пищевой продукции является установление правовых основ и развитие государственных инструментов нормирования и контроля органической продукции. В 2018 году законодательно установили, что органическая продукция – это экологически чистые сельскохозяйственная продукция, сырье и продовольствие, производство которых соответствует требованиям Федерального закона от 3 августа 2018 г. № 280-ФЗ «Об органической продукции и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». В обзоре приведен ретроспективный анализ формирования нормативно-правовой базы органической продукции в мире, международное право в части производства и подтверждения соответствия передовых в области органического сельского хозяйства стран, а также современного состояния законодательства некоторых стран постсоветского пространства и Российской Федерации. Вступление в силу № 280-ФЗ станет основой правового самоопределения органической продукции и процессов ее производства. Он будет являться стимулом формирования и развития органического сектора пищевой продукции в России.

**Ключевые слова.** Органическая продукция, производство, оборот, правовые формы, законодательство, техническое регулирование

**Для цитирования:** Белякова, З. Ю. Современные правовые формы обеспечения производства и оборота органической продукции / З. Ю. Белякова // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 3. С. 140–151. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-3-140-151>.

Review article

Available online at <http://fptt.ru/>

## Organic products: the Current Legal Forms of Production and Turnover Support

Z.Yu. Belyakova 

*All-Russian research Institute of dairy industry,  
35-7, Lyusinovskaya Str., Moscow, 115093, Russia*

*Received: October 15, 2018  
Accepted: November 05, 2018*

*e-mail: gostmak@yandex.ru*



© Z.Yu. Belyakova, 2018

**Abstract.** Organic food products are a complex object of technical regulation. It combines, on the one hand, the requirements to finished food products and the production processes, and, on the other hand, the principles of organic agriculture. In terms of organic products and features of its production, the Russian Federation is at the initial stage of legal framework formation, while the USA and EU countries have been involved in these issues for more than 20 years. However, the development of organic agriculture and the production of appropriate products have good prospects in Russia. The experience of countries with high growth rates of organic production showed that the key points for the successful formation of the organic food sector is the establishment of the legal framework and the development of state regulation and control. According to the law established in 2018, organic products are environmentally friendly agricultural products, raw materials, and food that meet the requirements of the Federal law of August 3, 2018, No. 280-FZ: “On organic products and amendments to certain legislative acts of the Russian Federation”. The law will be the basis for legal self-determination of

organic products and processes of their production. It might also serve as a stimulus for the formation and development of the organic sector of food products in Russia. The present review features a retrospective analysis of the formation of international regulatory norms in the sphere of organic products, the corresponding international laws, and the experience of advanced countries, as well as the current state of the legislation in some former Soviet republics and the Russian Federation.

**Keywords.** Organic products, production, turnover, legal forms, legislation, technical regulation

**For citation:** Belyakova Z.Yu. Organic products: the Current Legal Forms of Production and Turnover Support. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2018, vol. 48, no. 3, pp. 140–151. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-3-140-151>.

### Введение

Нормативная и законодательная база производства органической продукции, разработанная в США, Канаде, ряде стран Европы более 30 лет назад, позволила создать современный мировой рынок органической продукции. В настоящее время он занимает от 7 % до 10 % общемирового рынка сельскохозяйственной продукции. Более 700 организаций осуществляют контроль и сертификацию органических продуктов. Большинство стандартов в этой области принято в США, Японии, Китае и Германии. Из 179 стран, производящих органическую продукцию, 87 имеют собственные законы в части производства и оборота органической продукции, 17 находятся в процессе разработки и принятия законодательной и нормативной системы, 20 имеют стандарты без законодательной базы, 55 стран работают по международным стандартам и не имеют специальных законов [1–5].

### Результаты и их обсуждение

Ретроспективу формирования нормативной правовой базы производства органической продукции следует вести от 1924 года, когда появился первый знак органического сельского хозяйства Demeter, действующий по настоящее время. В 1967 г. были разработаны первые стандарты органического сельского хозяйства Почвенной ассоциации (Soil Association). Объединение разрозненных национальных движений Франции, Великобритании, Швеции, Южной Африки и США в Международную федерацию движения за органическое сельское хозяйство (IFOAM) произошло в 1972 г. Сегодня она насчитывает около 760 организаций и объединений более чем из 100 стран. Первые законы об органическом сельском хозяйстве США были приняты в штатах Орегон (1974 г.) и в Калифорнии (1979 г.) В это же время появляется множество сертифицирующих организаций органической продукции в США и Европе.

В 1980 г. были опубликованы базовые стандарты органических продуктов (IFOAM Basic Standards – IBS) и система сертификации IFOAM. Постановление об органических продуктах США (Organic Food Production Act) вышло в свет в 1990 г. В следующем году Постановлением Совета ЕС № 2092/91 от 24.06.1991 г. утвердили европейскую систему регулирования в сфере органического сельского хозяйства.

Стандарт Codex Alimentarius CAC/GL 32-1999 «Руководство по изготовлению, переработке,

маркировке и реализации органических продуктов питания» был разработан в конце 90-х. Одновременно первые законы в сфере органического сельского хозяйства были приняты в Японии (JAS), в Индии (2001 г.), Китае (2005 г.) и Канаде (2006 г.) [2, 6–8].

Международные и зарубежные правовые системы сочетают различные подходы регулирования производства органической продукции. В мировой практике сейчас действуют три основные международные системы документов: руководящие положения комиссии Codex Alimentarius, базисные стандарты IFOAM (IBS) и Регламенты ЕС [2, 7, 9].

На международно-правовом уровне применяются стандарты Codex Alimentarius (Продовольственный Кодекс), устанавливающие общие направления органического производства. Комиссия Codex Alimentarius – межправительственная организация, учрежденная Продовольственной и сельскохозяйственной Организацией Объединенных Наций (ФАО) и ВОЗ. Комиссия разрабатывает единые международные стандарты на пищевые продукты, а также руководства, нормы и правила, призванные защитить здоровье потребителя и обеспечить соблюдение правил торговли в продовольственной сфере. Кроме того, Комиссия занимается координацией деятельности международных государственных и частных организаций, связанных с разработкой стандартов на все пищевые продукты.

CAC/GL 32-1999 разработано для унификации требований, касающихся производства и маркировки органических продуктов питания, а также требований о достоверности предоставляемой информации о продуктах питания, поступающих на международные рынки. Руководство устанавливает правила для выращивания органической продукции в фермерских хозяйствах, ее подготовки, хранения, транспортировки, маркировки и реализации; устанавливает ограничения на допустимое количество препаратов и элементов, разрешенных для удобрения и подготовки почвы, борьбы с вредителями и болезнями растений, а также используемых в качестве технологических пищевых добавок. Запрещается использование терминов, предполагающих, что для продуктов, полученных от производителей, находящихся под надзором у сертификационного органа, применялись способы органического производства для целей маркировки.

В области производства, переработки, маркировки и реализации органических продуктов питания также распространены правила регулирования отдельных международных отраслевых организаций.

К их числу относятся базовые стандарты IFOAM, предназначенные в качестве руководства для национальных организаций с целью развития их собственных стандартов. IFOAM создала и поддерживает Систему гарантий органического производства – Participatory Guarantee Systems (PGS), – призванную унифицировать стандарты, процедуры контроля соответствия и определения рыночной идентичности в сфере производства органической продукции. Система включает семейство стандартов IFOAM, стандарт для органического производства и переработки (IBS), сообщество передовых стандартов IFOAM, всемирный органический знак, а также аккредитацию IFOAM и Глобальные органические системы (GOSA) [2].

На региональном уровне отдельных наднациональных организаций (ЕС) приняты нормативные акты, регулирующие органическое производство – Регламент Совета ЕС 834/2007 от 28.06.2007 г. «Об экологическом производстве и маркировке экологической продукции и о прекращении действия Регламента ЕЭС 2092/91» и Регламент Комиссии (ЕС) № 889/2008 от 05.09.2008 г. с положениями о порядке исполнения Регламента Совета (ЕС) № 834/2007 об экологическом производстве и маркировке экологической продукции в отношении экологического производства, маркировки и контроля продукции [2, 10].

Регламент Совета ЕС 834/2007 является основой устойчивого развития экологического производства. Он гарантирует бесперебойное функционирование внутреннего рынка, обеспечивая честную конкуренцию, что оправдывает доверие потребителей и защищает их интересы. В нём определяются общие цели и основные направления, затрагивающие все стадии производства, обработки и сбыта экологической продукции, а также их контроль; использование данных при нанесении маркировки и в рекламе, указывающих на экологическое производство. Регламент № 889/2008 содержит специфические предписания по экологическому производству, маркировке и контролю в отношении продукции согласно части 2 ст. 1 Регламента (ЕС) № 834/2007.

30 мая 2018 г. был принят новый Регламент ЕС № 2018/848 на производство и маркировку органической продукции. Он вступит в силу 01 января 2021 г. и заменит действующий Регламент. Новый документ предусматривает ужесточение контроля цепочки поставок и правил импорта продукции; усиление мер по предотвращению случайного загрязнения продукции пестицидами; расширение списка продукции, которая может быть сертифицирована как органическая; запрещение применения гидропонного способа производства; недопущение использования при производстве продукции искусственных наноматериалов; возможности применения групповой сертификации для малых предприятий.

Новый регламент предусматривает две схемы импорта продукции в ЕС: торговое соглашение

с третьими странами об эквивалентности систем органического производства и сертификация продукции авторизованных органах, список которых еще не сформирован. При этом в ЕС органическое сельское хозяйство характеризуется как долговременное решение проблемы сохранения природных ресурсов, развития сельских территорий и содействия здравоохранению. В отдельных государствах также применяются национальные нормативные акты [2, 10, 11].

Национальные ассоциации и союзы производителей различных стран (Германия, Швейцария, Франция) практикуют применение собственных стандартов органического производства. В США основным стандартом является принятый в 1990 году «Акт об органическом производстве продуктов питания» [10].

На базе основных международных систем стандартов в разных странах создаются государственные нормы и правила органического производства продуктов питания, что позволяет учитывать физико-географические, социальные и экономические особенности различных государств.

Три системы достаточно схожи, но и имеют ряд различий. Прежде всего, следует отметить разницу в назначении этих систем. EU – система стандартов по производству органической продукции, цель которой стандартизировать рынок ЕС, имеет статус закона; Codex Alimentarius включает общие указания для государств мира, желающих разработать национальные стандарты и систему регулирования; IBS состоит из списка стандартов для разработки более детальных стандартов и требований, которые должны выполняться аккредитованными в IFOAM сертифицирующими компаниями. Таким образом, нормы Codex и IBS носят более общий характер. Они предлагают общие принципы и критерии, которым необходимо следовать, в то время как EU дает более детальные нормы необходимые для стран ЕС [10].

Присутствуют некоторые расхождения и в том, какие продукты именовать «органическими». Так, в США выделяется четыре категории продуктов по «органичности». К первой категории – «100 % Organic» – относятся продукты на 100 % состоящие из органических ингредиентов. На их упаковке соответственно написано, что они 100 % органические и стоит знак органического сельского хозяйства США. Вторая группа – «Organic» – включает товары, в которых (95–99) % от веса (без учета воды и соли) органических ингредиентов. На их упаковке написано «органический» и стоит знак органического сельского хозяйства США. Если органических ингредиентов от 70 % до 90 %, то на упаковке разрешено писать «произведено при использовании органических ингредиентов» («Made with Organic»), но знак органического сельского хозяйства США на упаковке ставить запрещено. К четвертой группе относятся продукты, где содержится менее 70 % органических компонентов. В США на продуктах четвертой группы запрещено писать слово «органический», однако, если данный продукт все же

содержит органические составляющие, то они могут быть перечислены на задней стороне упаковки [12].

В Европе выделяют три категории «органичности» товаров: если в продукте более 95 % органических ингредиентов, он называется органическим; при наличии 70–94 % органических составляющих, слово «органический» может использоваться только в списке ингредиентов; менее 70 % органических ингредиентов – слово «органический» использовать на упаковке нельзя [12, 13].

В настоящее время органическое сельское хозяйство охватило практически все страны. Все больше и больше государств создают собственные законы и сертифицирующие системы, т.к. ключевым для развития производства продукции органического происхождения почти всегда является национальный рынок [14].

Сертификация продукции в странах ЕС проводится на национальном уровне. Органы по сертификации могут быть аккредитованными частными, государственными и государственно-частными. Сертификационные производители органической продукции проверяются органом по сертификации, как минимум раз в год. Проверки включают обследование производства, проверку документации, забор готовой или собранной продукции, листы или почвы для выявления фактов применения запрещенных веществ. В 2010 г. в ЕС был введен единый знак маркировки сертифицированной продукции, так называемый «Евролист» (Euro-leaf), нанесение которого обязательно на расфасованную продукцию, произведенную в какой-либо стране ЕС, а также для сертифицированной продукции. Знак может сопровождаться другими национальными или частными логотипами.

Национальная органическая программа (National Organic Program, NOP) США является федеральной законодательной базой, определяющей стандарты производства органической продукции и обращения с ней, а также процедуры контроля проведения обязательной сертификации. Согласно NOP все производители органической продукции и перерабатывающие предприятия с годовым объемом продаж более 5 тыс. долларов США должны быть сертифицированы государственным, иностранным или частным органом, аккредитованным Департаментом сельского хозяйства США (USDA). Заявитель на сертификацию должен предоставить на рассмотрение органу по сертификации подробное описание своей сельскохозяйственной практики и план производства после одобрения пройти инспекционную проверку предприятия. В отличие от системы ЕС сертификация в США больше ориентированы на продукцию, а не на производство в целом. Официальным знаком USDA Organic могут быть промаркированы две категории продукции: «100 % Organic» и «Organic» [15]. Производитель сам определяет процентный состав органического сырья по специальной методике. Информацию проверяет орган по сертификации. Для третьей категории продукции – «Made with Organic» – сертификация не производится.

В Японии органическая продукция должна быть промаркирована знаком JAS (Japanese Agricultural Standard) на основе оценки качества, самостоятельно проводимой производителями, изготовителями, продавцом, сертифицированным третьей стороной. Организации, проводящие сертификацию, должны быть аккредитованы Министерством по сельскому, лесному и рыбному хозяйству Японии. Согласно стандартам JAS, фермеры и перерабатывающие предприятия, подавшие заявление на сертификацию, должны выделить в своем штате независимых друг от друга сотрудников: управляющего производственными процессами и специалиста по контролю соответствия продукции. В обязанности первого входит составление плана органического производства, контроль процессов, ведение записей и документации по каждой производственной партии. Специалист по контролю соответствия продукции исполняет роль внутреннего аудитора, проверяет записи по каждой производственной партии и маркирует продукцию официальным знаком JAS. Только на маленьких фермах допускается совмещение этих должностей одним человеком с разрешения органа по сертификации. Оба сотрудника должны пройти обязательный учебный курс при органе по сертификации. Предприниматели, выполняющие фасовку органических продуктов, также должны быть сертифицированы, если на контейнеры и упаковку, подготовленные к продаже, будет наноситься надпись «органический продукт» [10, 12, 16].

Органическое сельское хозяйство в странах постсоветского пространства относительно других регионов мира находится на ранней стадии формирования. На 40 пленарном заседании Межпарламентской Ассамблеи государств-участников Содружества Независимых Государств (СНГ) Постановлением от 18.04.2014 г. № 40-8 принят Модельный закон «Об экологическом агропроизводстве». Этот закон устанавливает правовые основы устойчивого развития национальной системы экологического агропроизводства и регулирует отношения, возникающие при применении и исполнении обязательных требований к производству, сертификации, маркировке, хранению, транспортировке, реализации и обороту продукции экологического агропроизводства в государствах-участниках СНГ. К такой продукции отнесены продукты, материалы и изделия растительного, животного или микробного происхождения в натуральном или переработанном виде. Под экологическим агропроизводством понимаются все стадии производства, переработки, хранения, транспортировки, реализации и доведения до конечного потребителя экологической продукции, основанные на неукоснительном соблюдении определенных требований, которые закреплены в техническом регламенте и специализированных стандартах ведения такого производства.

Собственное законодательство в части органического производства пищевой продукции

постсоветских стран действует в Азербайджане, Армении, Грузии, Молдавии, Таджикистане и Украине; в Казахстане, России, Белоруссии и Киргизии – на стадии разработки подзаконных актов и внедрения [10, 17].

Закон Республики Молдова от 09.06.2005 г. № 115-XVI «Об экологическом сельскохозяйственном производстве» (в ред. Закона № 26 от 24.02.2011 г.) регулирует социальные отношения, связанные с производством экологической сельскохозяйственной продукции без применения химико-синтетических веществ, а также реализацию экологических продуктов растительного и животного происхождения. С 2006 г. также были приняты закон по маркетингу органической продукции и ряд подзаконных актов. Высокий уровень государственной поддержки обеспечивает компенсацию маркетинговых издержек в размере 20 % от стоимости продажи на внутреннем рынке. С 2006 по 2009 гг. количество органически ориентированных ферм Молдавии увеличилось в три раза, что позволило обеспечить экспорт органической продукции на 11 % от общего объема экспортируемой сельскохозяйственной продукции. В 2012 г. Минсельхоз Молдавии утвердил Национальную стратегию развития экологического земледелия в стране, в которой намечено довести долю экологически чистой сельскохозяйственной продукции до 15 % к 2020 г. [10].

Органическое сельское хозяйство в Украине начали развивать более 10 лет назад. В 2007 году была принята «Государственная программа развития сельского хозяйства Украины на период до 2015 года», согласно которой 10 % всей сельскохозяйственной продукции к 2015 г. должно было стать органическим. Однако необходимые для реализации этой программы меры не были своевременно приняты. Закон Украины от 03.09.2013 г. № 425-VII «О производстве и обращении органической сельскохозяйственной продукции и сырья» определяет правовые и экономические основы производства и оборота органической сельскохозяйственной продукции и сырья. Он направлен на обеспечение надлежащего функционирования рынка органической продукции и сырья, а также на обеспечение уверенности потребителей в продуктах и сырье, маркированных как органические.

Основной объем органической продукции Украины был направлен на экспорт. В 2015 году ЕС были ужесточены требования для органической продукции, ввозимой из стран бывшего Советского Союза, а также введены более жесткие правила сертификации для третьих стран [10, 18]. С целью совершенствования основ правового регулирования производства и обращения органической продукции, а также гармонизации законодательства Украины к законодательству ЕС, 10 июля 2018 г. был принят Закон № 5448-д «Об основных принципах и требованиях к органическому производству, обороту и маркировке органической продукции», вступающий в силу 2 августа 2019 г. Закон определяет основные принципы и требования к органическому

производству, обращению и маркировке органической продукции, основы правового регулирования органического производства, обращения органической продукции и функционирования рынка органической продукции, правовые основы деятельности центральных органов исполнительной власти, субъектов рынка органической продукции и направления государственной политики в указанной сфере. Законодательно установлена маркировка государственным логотипом для органической продукции. Использование при маркировке продукции, производство которой не соответствует правилам органического производства, любых обозначений и надписей «органический», «биодинамический», «биологический», «экологический», «органик», и любых однокоренных и/или производных слов от этих слов с приставками «био-», «эко-» и т.д. на любых языках, является обманом покупателя или заказчика. Реализация положений закона будет способствовать повышению конкурентоспособности украинской органической продукции и расширению внешних рынков ее сбыта. Закон будет гарантировать потребителям уверенность в продуктах, маркированных как органические, окажет положительное влияние на защиту операторов органического рынка от недобросовестной конкуренции, а также обеспечит прозрачные условия ведения хозяйственной деятельности в сфере производства и обращения органических продуктов.

Одной из задач «Стратегии Казахстан-2050» выступает создание национальных конкурентоспособных брендов экологически чистой продукции. Для этого Министерство сельского хозяйства Республики Казахстан привлекает экспертов проекта технической помощи Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН «Поддержка развития органического сельского хозяйства и наращивание институционального потенциала в Казахстане» (Проект ФАО). Помощь заключается в получении международной аккредитации национальных органических стандартов, обучении инспекторов, развитии национальной системы прослеживаемости органической продукции. В Казахстане действует Закон от 27.11.2015 г. № 423-V «О производстве органической продукции», определяющий правовые, экономические, социальные и организационные основы производства органической продукции, направленные на обеспечение рационального использования почв, содействие в формировании здорового питания и охрану окружающей среды. В настоящее время идет работа над проектированием системы стандартов, устанавливающих требования к органической продукции, процессам ее производства, органам по сертификации, а также разрабатывается национальный знак органических продуктов – Organic Qazaq. [10].

В конце 2017 г. Советом Министров Республики Беларусь был внесен в Палату представителей Национального собрания РБ законопроект об органической продукции. 9 ноября 2018 г. президент

Лукашенко подписал Закон № 144-З «О производстве и обращении органической продукции». Основные положения закона вступят в силу через год после его официального опубликования.

Опыт стран с высокими темпами наращивания органического производства показал, что регулирование потребительского рынка, установление правовых основ и развитие государственных инструментов нормирования и контроля органической продукции является одной из важнейших задач государственных структур. Не менее важную роль играет государственная поддержка в области подготовки кадров, научно-методического и информационного обеспечения сельскохозяйственных и иных товаропроизводителей, осуществляющих или планирующих организовать органическое производство. Реализация этих мер возможна только при наличии законодательной базы федерального уровня, устанавливающей правовое регулирование отношений в области производства органической продукции [10, 19–23].

Действующая система технического законодательства России является итогом реформы технического регулирования и опирается на положения Конституции РФ. Любые ограничения прав граждан на экономическую деятельность, в том числе технические ограничения могут осуществляться только на законодательном уровне.

Национальное законодательство России в части объектов пищевой промышленности включает комплекс Федеральных законов и Кодексов. Федеральный закон от 27.12.2002 г. «О техническом регулировании» № 184-ФЗ регулирует отношения, возникающие при разработке, принятии, применении и исполнении обязательных и добровольных требований к продукции и оценке ее соответствия, а также определяет права и обязанности участников регулируемых отношений. Федеральный закон от 02.01.2000 г. «О качестве и безопасности пищевых продуктов» № 29-ФЗ регулирует отношения в области обеспечения качества пищевых продуктов и их безопасности для здоровья человека. В части защиты прав потребителей действует Закон РФ от 07.02.1992 г. «О защите прав потребителей» № 2300-1, который регулирует отношения, возникающие между потребителями и изготовителями, исполнителями, импортерами, продавцами при продаже товаров, выполнении работ или оказании услуг. Устанавливает права потребителей на приобретение товаров надлежащего качества и безопасных для жизни, здоровья, имущества потребителей и окружающей среды, а также получение информации о товарах и об их изготовителях. Участвует в просвещении, оказывает государственную и общественную защиту интересов потребителей и определяет механизм реализации этих прав [7, 14].

Сложность органической продукции, как объекта стандартизации, заключается в том, что готовую органическую продукцию необходимо рассматривать в комплексе с органическим сырьем и особенностями его выращивания и процессами

органического производства. Поэтому при анализе законодательной базы стоит уделить внимание регулирующим документам в области сельского хозяйства и экологии.

Законодательство РФ в сельском хозяйстве опирается на Федеральный закон от 29.12.2006 г. «О развитии сельского хозяйства» № 264-ФЗ [24] и Земельный Кодекс РФ. Федеральный закон устанавливает правовые основы реализации государственной социально-экономической политики в сфере развития сельского хозяйства как экономической деятельности по производству сельскохозяйственной продукции, оказанию услуг в целях обеспечения населения российскими продовольственными товарами, промышленности – сельскохозяйственным сырьем, содействию устойчивому развитию территорий сельских поселений и соответствующих межселенных территорий. Земельный Кодекс РФ от 25.10.2001 г. № 136-ФЗ включает основные принципы земельного законодательства и регулирует отношения по использованию и охране земель в России, как основы жизни и деятельности народов, проживающих на соответствующей территории (земельные отношения) и др. [7, 24–26].

Экологическое законодательство заключается в обеспечении рационального и безопасного природопользования, исключающего истощение природных ресурсов и необратимое ухудшение качества окружающей среды, необходимого для обеспечения и сохранения природоресурсного потенциала в интересах будущих поколений. Наиболее важные положения по вопросам использования и охраны окружающей природной среды предусмотрены в нормах Конституции РФ: организационно-правовые основы осуществления экологической функции государства; компетенция России и ее субъектов в сфере природопользования и охраны окружающей природной среды (ст. 42, 71, 72, 114), а также полномочия высших государственных органов по проведению экологической политики.

Экологическое законодательство включает (в том числе) Федеральный закон от 10.01.2002 г. «Об охране окружающей природной среды» № 7-ФЗ, который определяет основные направления, принципы и задачи экологической политики государства, правового регулирования экологических отношений, закрепляет механизм осуществления рационального природопользования и охраны окружающей природной среды. А также Федеральный закон от 30.03.1999 г. «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» № 52-ФЗ, направленный на обеспечение санитарно-эпидемиологического благополучия населения, как одного из основных условий реализации конституционных прав граждан на охрану здоровья и благоприятную окружающую среду. Стоит отметить, что объектом регулирования в экологическом законодательстве является природа и окружающая среда, поэтому к органическим продуктам, как объектам технического регулирования, оно имеет опосредованное отношение [2, 27].

В Российской Федерации непосредственные требования к производству органической продукции установлены в документах различного иерархического уровня. В 2012 году рабочей группой Министерства сельского хозяйства РФ (Минсельхоз) впервые была сделана попытка вывести производство и обращение органической продукции на законодательный уровень и установить их правовые основы. Первая редакция законопроекта «О производстве органической сельскохозяйственной продукции и внесении изменений в законодательные акты Российской Федерации» от 16 ноября 2012 г. была разработана с целью регулирования отношений, возникающих между сельскохозяйственными товаропроизводителями, иными гражданами, юридическими лицами и органами государственной власти в сфере производства органической сельскохозяйственной продукции. Данный законопроект пересматривался пять раз и после существенных корректировок 25 июля 2018 г. был единогласно принят Государственной Думой РФ в третьем чтении. 3 августа 2018 г. Президент России В.В. Путин подписал Федеральный закон № 280-ФЗ «Об органической продукции и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» (далее – Закон).

Предметом регулирования Закона выступают отношения, связанные с производством, хранением, транспортировкой, маркировкой и реализацией органической продукции, изложенные в тринадцати статьях. Основными понятиями, используемыми в Законе, являются «органическая продукция», «органическое сельское хозяйство» и «производители органической продукции». Органическая продукция определена как экологически чистая сельскохозяйственная продукция, сырье и продовольствие, производство которых соответствует требованиям, установленным Законом.

В статье 4 (п. 1) изложены основные требования к производству органической продукции, среди которых: обособление производства органической продукции от иной; запрет на применение агрохимикатов, пестицидов, антибиотиков, стимуляторов роста и откорма животных, гормональных препаратов (кроме разрешенных), а также гидропонного метода выращивания растений, ионизирующего излучения, трансплантации эмбрионов, клонирования и ГМО и пр. Второй пункт данной статьи гласит, что правила производства органической продукции устанавливаются в соответствующих национальных, межгосударственных и международных стандартах, действующих на территории РФ, с учетом вышеизложенных основных требований. Таким образом, Закон делает систему стандартов в области продукции органического производства обязательной для применения. Можно оперативно менять нормативную базу без корректировки текста Закона при введении новых правил органического производства или изменении принятых международных документов.

Соответствие производства органической продукции установленным требованиям стандартов (статья 5 Закона) осуществляется в форме добровольной сертификации с учетом законодательства РФ о техническом регулировании. Подтверждение соответствия проводят органы по сертификации, аккредитованные в области производства органической продукции, с выдачей соответствующего сертификата. В настоящее время только один орган по сертификации в России прошел процедуру аккредитации (аттестат аккредитации RA.RU.10NB01). Ключевым моментом является то, что добровольная сертификация производства органической продукции не заменяет обязательной процедуры подтверждения соответствия продукта. Те организации, которые прошли процедуру добровольной сертификации производства органической продукции, должны быть включены в единый государственный реестр производителей органической продукции (далее – Реестр). Реестр создается в целях безвозмездного информирования потребителей о производителях и о перечне производимой ими органической продукции. Ведение Реестра осуществляется в электронной форме с использованием информационных систем Минсельхоза [12, 20].

Сведения, содержащиеся в Реестре, являются общедоступными и размещаются в форме открытых данных на сайте Минсельхоза в сети Интернет. Информация о наличии или отсутствии сведений о производителях органической продукции в Реестре предоставляется бесплатно любым заинтересованным лицам. Целью создания и ведения Реестра является идентификация продукции, информирование потребителя и минимизация введения его в заблуждение относительно происхождения продукта, сокращение фальсификации и гринвошинга. Под этим новым термином, активно обсуждаемым и используемым сейчас, подразумевается вид фальсификации, при котором маркировка упаковки посредством изображений, знаков и текста ложно указывает на то, что он является органическим или экологически чистым [7, 29].

Для защиты потребителя от недобросовестных производителей Закон возлагает на Минсельхоз разработку второго инструмента борьбы с фальсификацией – единого образца маркировки, которая является отличительным признаком органического продукта. Маркировка должна представлять собой комбинацию надписей и графического изображения (знака) органической продукции и наноситься на упаковку продукта или крепиться к ней после успешного прохождения процедуры подтверждения соответствия производства органической продукции. Знак должен не только визуально указывать на происхождение продукта, но иметь возможность нанесения и считывания сведений Реестра при помощи специальных технических средств.

Маркировка продукта может содержать слово «органический» или его производные в сочетании

с наименованием этого продукта или отдельно. Закон не допускает применения специальной маркировки и знака органической продукции для продуктов, произведенных в переходный период от традиционного к органическому типу ведения сельского хозяйства и производства готовой продукции. Правила осуществления перехода даны ссылочно на требования действующих документов по стандартизации.

Активное развитие сектора органической пищевой продукции в России возможно при оказании государственной поддержки сельхозтоваропроизводителям, готовым осуществить сложный переход к органическому типу хозяйствования и сертификацию производства. Опыт мировых лидеров органического рынка продукции позволяет утверждать, что применение государственных рычагов экономического и иного характера крайне необходимо для становления устойчивого органического производства. Государственная поддержка производителей органической продукции обеспечивается в порядке и формах, предусмотренных № 264-ФЗ [4, 10, 17, 30].

Заключительная статья Закона устанавливает вступление его в силу с 1 января 2020 года. Разработка подзаконных актов, а также контроль и надзор за исполнением Закона возложена на Минсельхоз.

Установление правовых основ и системы инструментов идентификации органической продукции, подтверждения ее соответствия и противодействия фальсификации на законодательном уровне будет способствовать становлению и самоопределению сектора органической пищевой продукции в России как объекта регулирования.

Определяющую роль в реализации требований федеральных законов и технических регламентов отводится стандартам, обеспечивающим единую научно-методическую основу технического регулирования. Стандартизация является неотъемлемой частью технического регулирования и подразумевает деятельность, направленную на достижение упорядоченности в отношении ее объектов: разработке (ведению), утверждению, изменению (актуализации), отмене, опубликованию и применению документов по стандартизации. Отношения в сфере стандартизации регулирует № 162-ФЗ «О стандартизации в РФ». Своевременная и качественная разработка межгосударственных (ГОСТ) и национальных (ГОСТ Р) стандартов является сегодня одной из самых масштабных задач в области технического регулирования в пищевой промышленности.

Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии № 769 от 05.03.2009 г. был создан Технический комитет по стандартизации (ТК) 040 «Продукция органического производства» на базе Национального фонда защиты потребителей (НО «НФЗП»). Среди стандартов, закрепленных за ТК 040, три национальных стандарта по органической продукции, разработанных коллективом специалистов НО «НФЗП» и Комитета Государственной думы по аграрным вопросам.

Терминологическим базисом объектов национальной системы технического регулирования является национальный стандарт ГОСТ Р 56104–2014 «Продукты пищевые органические. Термины и определения» [31]. Стандарт устанавливает термины и определения в области производства, состава и свойств пищевых органических продуктов и продуктов их переработки, произведенных из органического сельского хозяйства, лесного хозяйства, водных экосистем или пчеловодства, отвечающих требованиям органического производства. Стандартизованные термины полноценно отражают систему понятий данной области знания, а также определяют специфическую зону объектов технического регулирования, объединенных общностью назначения. Стандарт содержит 18 терминологических статей. Термины, установленные в стандарте, до принятия соответствующего Технического регламента, предназначены для применения во всех видах документации и литературы по пищевым органическим продуктам, входящих в сферу работ по стандартизации и/или использующих результаты этих работ.

ГОСТ Р 56508-2015 «Продукция органического производства. Правила производства, хранения, транспортирования» [32] распространяется на продукцию органического производства растительного, животного, микробного происхождения, а также аквакультуры в натуральном, обработанном или переработанном виде, употребляемую человеком в пищу, используемую в качестве корма для животных, посадочного и посевного материала, и устанавливает требования к ее производству (изготовлению), хранению, транспортированию. Стандарт включает 10 основных разделов, среди которых переход к органическому производству, правила ведения органического животноводства, правила производства органических пищевых продуктов и кормов, правила сбора, упаковки, транспортирования и хранения продукции органического производства, а также правила ее маркировки. Приказом Росстандарта от 05.10.2018 г. № 721-ст «Об отмене национального стандарта» ГОСТ Р 56508 отменен с 01 ноября 2018 г. в связи введением в действие ГОСТ 33980-2016 в качестве национального.

ГОСТ Р 57022-2016 «Продукция органического производства. Порядок проведения добровольной сертификации» [33] устанавливает порядок добровольной сертификации органического производства и предназначен для широкого круга потенциальных пользователей, включающих в себя производителей органической продукции и экспертов по сертификации. Стандарт включает требования по организации взаимодействия органов для сертификации органического производства и заявителей, а также для проведения процедуры проверки и оценки органического производства.

С 1 января 2018 г. на территории России, а также Армении, Грузии, Киргизии, Таджикистана и Узбекистана вступил в силу межгосударственный

стандарт ГОСТ 33980-2016 «Продукция органического производства. Правила производства, переработки, маркировки и реализации» [34]. Стандарт распространяется на продукцию органического производства растительного, животного, микробного происхождения, а также аквакультуры в натуральном, обработанном или переработанном виде, употребляемую человеком в пищу, используемую в качестве корма для животных, посадочного и посевного материала, и устанавливает требования к ее производству (изготовлению), хранению, транспортированию и реализации. Стандарт разработан в соответствии с рекомендациями Кодекса Алиментариус САС/GL 32-1999 «Руководство по изготовлению, переработке, маркировке и реализации органических продуктов питания» и базовыми стандартами IFOAM для обеспечения согласованного подхода к требованиям, определяющим производство органической продукции, ее маркировку и связанную с этим информацию о продукте, с целью защиты потребителей от обмана, введения в заблуждение и приобретения фальсифицированного продукта; защиты добросовестных изготовителей органических продуктов; согласования положений о производстве, сертификации, идентификации и маркировке органической продукции; поддержки развития органических продовольственных программ по производству и обороту органической продукции с целью сохранения окружающей среды.

#### **Выводы**

Установление правовых основ и системы инструментов идентификации органической

продукции, подтверждение ее соответствия и противодействие фальсификации на законодательном уровне будут способствовать становлению и самоопределению сектора органической пищевой продукции в России как объекта регулирования. Возможность обобщения накопленных знаний и опыта других стран позволит исключить возможные ошибки и выбрать наиболее эффективные решения при проведении соответствующих работ. Ключевым фактором является реализация системы мер по стимулированию сельскохозяйственных товаропроизводителей, развитие государственных инструментов нормирования органической продукции, поддержка потребительской сельскохозяйственной кооперации, малого и среднего предпринимательства, предоставляющих услуги сельхозтоваропроизводителям.

#### **Конфликт интересов**

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### **Благодарности**

Автор выражает благодарность сотрудникам ВНИМИ в лице д.т.н. Макеевой И. А., к.т.н. Пряничниковой Н. С., к.т.н. Стратоновой Н. В., Смирновой Ж. И. и д.т.н. Федотовой О. Б., которые помогли при работе над статьей.

#### **Финансирование**

Материалы подготовлены как часть работы автора во ФГАНУ «ВНИМИ».

#### **Список литературы**

1. The Role of Organic Products in Implementing the State Policy of Healthy Nutrition in the Russian Federation / Z. Yu. Belyakova, I. A. Makeeva, N. V. Stratonova [et al.] // Foods and Raw Materials. – 2018. – Vol. 6, № 1. – P. 4–13. DOI: <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2018-1-4-13>.
2. Климова, М. Л. Органическое сельское хозяйство. Международный опыт правового регулирования / М. Л. Климова // Молочная промышленность. – 2018. – № 5. – С. 46–47.
3. Willer, H. The World of Organic Agriculture. Statistics and Emerging trend 2017 / H. Willer, J. Lernoud. – Switzerland: Research Institute of Organic Agriculture, 2017. – 340 p.
4. Белякова, З. Ю. Формирование органического сектора пищевой продукции в России. Часть 1. Перспективы развития / З. Ю. Белякова // Молочная промышленность. – 2018. – № 10. – С. 30–32.
5. Савинкина, В. А. Системы сертификации органической продукции: международный обзор / В. А. Савинкина // Контроль качества продукции. – 2018. – № 10. – С. 24–27.
6. O'Mahony, B. The organic industry in Australia: Current and future trends / B. O'Mahony, A. Lobo // Land Use Policy. – 2017. – Vol. 66, № 1. – P. 331–339. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.04.050>.
7. Белякова, З. Ю. Формирование органического сектора пищевой продукции в России. Часть 2. Правовые основы / З. Ю. Белякова // Молочная промышленность. – 2018. – № 11. – С. 33–34.
8. Rodale, M. Organic Manifesto: How Organic Food Can Heal Our Planet, Feed the World, and Keep Us Safe. – New York: Rodale Books, 2010. – 240 p.
9. Rana, J. Consumer behavior and purchase intention for organic food: A review a research agenda / J. Rana, J. Paul // Journal of Retailing and Consumer Services. – 2017. – Vol. 38. – P. 157–165. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2017.06.004>.
10. Климова, М. Л. Органическое сельское хозяйство. Международный опыт правового регулирования / М. Л. Климова // Молочная промышленность. – 2018. – № 10. – С. 34–38.
11. Новый регламент ЕС на производство органической продукции. Основные акценты // Контроль качества продукции. – 2018. – № 10. – С. 22.
12. Волкова, Т. И. Производство и сертификация органической продукции после принятия № 280-ФЗ / Т. И. Волкова // Контроль качества продукции. – 2018. – № 10. – С. 19–21.

13. Cardoso, J. D. F. Application of Quality Function Deployment for the development of an organic product / J. D. F. Cardoso, N. Casarotto Filho, P. A. Cauchick Miguel // *Food Quality and Preference*. – 2015. – Vol. 40. – P. 180–190. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2014.09.012>.
14. Макеева, И. А. Методологические аспекты технического регулирования обогащенных молочных продуктов, в т.ч. органических / И. А. Макеева, З. Ю. Белякова // *Инновационные технологии обогащения молочной продукции (теория и практика)* / З. Ю. Белякова, И. А. Макеева, Г. А. Донская [и др.]. – М.: Франтера, 2016. – С. 16–55.
15. Schleenbecker, R. Consumers' perception of organic product characteristics. A review / R. Schleenbecker, U. Hamm // *Appetite*. – 2013. – Vol. 71. – P. 420–429. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.appet.2013.08.020>.
16. Коноваленко, Л. Ю. Опыт производства органической продукции в России: науч. аналит. обзор. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2015. – 56 с.
17. Соловьева, Т. Н. Развитие сельских территорий в условиях обеспечения продовольственной безопасности : монография // Т. Н. Соловьева, Е. Н. Толмачева. – Курск: Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И. И. Иванова, 2013. – 203 с.
18. Закон Украины от 03.09.2013 г. № 425-VII. – Режим доступа: <http://rosorganic.ru/files/Zakon%20ukrain.pdf>. – Дата обращения: 22.09.2018.
19. Hidalgo-Baz, M. Assessments of the quality of organic versus conventional products, by category and cognitive style / M. Hidalgo-Baz, M. Martos-Partal, Ó. González-Benito // *Food Quality and Preference*. – 2017. – Vol. 62. – P. 31–37. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2017.06.008>.
20. Мироненко, О. В. Органический рынок России: состояние и перспективы / О. В. Мироненко // *Переработка молока*. – 2017. – Т. 213, № 7. – С. 48–53.
21. Бочков, А. А. Рынок органической продукции: источники роста и перспективы развития / А. А. Бочков, Т. А. Бочкова, Д. К. Иваницкий // *Агропродовольственный рынок региона: теория и практика : монография* / П. Ф. Парамонов, Е. А. Егоров, Е. И. Артемова [и др.]. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет, 2016. – С. 205–227.
22. Organic farming without organic products / Ch. Argyropoulos, M. A. Tsiafouli, S. P. Sgardelis [et al.] // *Land Use Policy*. – 2013. – Vol. 32. – P. 324–328. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2012.11.008>.
23. Мироненко, О. В. Становление рынка органического земледелия в России / О. В. Мироненко // *Контроль качества продукции*. – 2018. – № 10. – С. 5–1.
24. О развитии сельского хозяйства / Федеральный закон РФ от 29 декабря 2006 г. № 264-ФЗ.
25. О Государственной программе развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013–2020 годы / Постановление Правительства РФ от 14.07.2012 г. № 717.
26. Об утверждении Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства на 2017–2025 годы : Постановление Правительства РФ от 25.08.2017 г. № 996.
27. Зюзюков, А. В. Развитие сельских территорий как стратегический фактор повышения продовольственной безопасности России / А. В. Зюзюков // *Перспективы развития национальных агропродовольственных систем в условиях ВТО: Материалы международной научно-практической конференции* / Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I. – Воронеж, 2014. – С. 224–229
28. Федеральный закон Российской Федерации № 280-ФЗ «Об органической продукции и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://rosorganic.ru/files/Zakon%20RF%20organica.pdf>. – Дата обращения: 22.09.2018.
29. Environmental impacts of organic and conventional agricultural products – Are the differences captured by life cycle assessment? / M. S. Meier, F. Stoessel, N. Jungbluth [et al.] // *Journal of Environmental Management*. – 2015. – Vol. 149. – P. 193–208. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.10.006>.
30. Gray, N. Developing organic, fairtrade, and ethically produces products / Gray N. // *Developing Food Products for Consumers with Specific Dietary Needs* / S. Osborn, W. Morley. – New York: Woodhead, 2016. – P. 241–266.
31. ГОСТ Р 56104-2014. Продукты пищевые органические. Термины и определения. – М.: Стандартинформ, 2015. – 4 с.
32. ГОСТ Р 56508-2015 Продукция органического производства. Правила производства, хранения, транспортирования. – М.: Стандартинформ, 2015. – 43 с.
33. ГОСТ Р 57022-2016 Продукция органического производства. Порядок проведения добровольной сертификации органического производства. – М.: Стандартинформ, 2016. – 24 с.
34. ГОСТ 33980-2016 Продукция органического производства. Правила производства, переработка, маркировки и реализации (CAC/GL 32-1999, NEQ). – М.: Стандартинформ, 2016. – 48 с.

## References

1. Belyakova Z.Yu., Makeeva I.A., Stratonova N.V., et al. The Role of Organic Products in Implementing the State Policy of Healthy Nutrition in the Russian Federation. *Foods and Raw Materials*, 2018, vol. 6, no. 1, pp. 4–13. DOI: <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2018-1-4-13>.
2. Klimova M.L. Organic agriculture. International experience of legal regulation. *Dairy industry*, 2018, no. 5, pp. 46–47. (In Russ.).
3. Willer H. and Lernoud J. *The World of Organic Agriculture. Statistics and Emerging trend 2017*. Switzerland: Research Institute of Organic Agriculture Publ., 2017. 340 p.

4. Belyakova Z.Yu. Formation of the organic sector of food products in Russia. Part 1. Prospects of development. *Dairy industry*, 2018, no. 10, pp. 30–32. (In Russ.).
5. Savinkina V.A. Sistemy sertifikatsii organicheskoy produktsii: mezhdunarodnyy obzor [Certification systems for organic products: an international review]. *Production Quality Control*, 2018, no. 10, pp. 24–27. (In Russ.).
6. O'Mahony B. and Lobo A. The organic industry in Australia: Current and future trends. *Land Use Policy*, 2017, vol. 66, no. 1, pp. 331–339. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.04.050>.
7. Belyakova Z.Yu. Formation of the organic sector of food products in Russia. Part 2. Legislation base. *Dairy industry*, 2018, no. 11, pp. 33–34. (In Russ.).
8. Rodale M. *Organic Manifesto: How organic food can heal our planet, feed the world, and keep us safe*. New York: Rodale Books Publ., 2010. 240 p.
9. Rana J. and Paul J. Consumer behavior and purchase intention for organic food: A review a research agenda. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 2017, vol. 38, pp. 157–165. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2017.06.004>.
10. Klimova M.L. Organic agriculture. International experience of legal regulation. *Dairy industry*, 2018, no. 10, pp. 34–38. (In Russ.).
11. Novyy reglament ES na proizvodstvo organicheskoy produktsii. Osnovnye aktsenty [The new EU regulation on the production of organic products. Main accents]. *Production Quality Control*, 2018, no. 10, pp. 22. (In Russ.).
12. Volkova T.I. Proizvodstvo i sertifikatsiya organicheskoy produktsii posle prinyatiya № 280-FZ [Production and certification of organic products after the adoption of Law No. 280-FZ]. *Production Quality Control*, 2018, no. 10, pp. 19–21. (In Russ.).
13. Cardoso J. de F., Filho N.C., Miguel P.A.C. Application of Quality Function Deployment for the development of an organic product. *Food Quality and Preference*, 2015, Vol. 40, pp. 180–190. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2014.09.012>.
14. Makeeva I.A. and Belyakova Z.Yu. Metodologicheskie aspekty tekhnicheskogo regulirovaniya obogashchennykh molochnykh produktov, v t.ch. organicheskikh [Methodological aspects of the technical regulation of fortified dairy products, including organic foods]. In: *Belyakova Z.Yu., Makeeva I.A., G.A. Donskaya, et al. Innovatsionnye tekhnologii obogashcheniya molochnoy produktsii (teoriya i praktika) [Innovative technologies for the enrichment of dairy products (theory and practice)]*. Moscow: Franter Publ., 2016. pp. 16–55. (In Russ.).
15. Schleenbecker R. and Hamm U. Consumers' perception of organic product characteristics. A review. *Appetite*, 2013, vol. 71, pp. 420–429. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.appet.2013.08.020>.
16. Konovalenko L.Yu. *Opyt proizvodstva organicheskoy produktsii v Rossii: nauch. analit. obzor* [Russian experience in the production of organic products: a scientific and analytic overview]. Moscow: Federal State Budget Scientific Institution "Rosinformagrotekh" Publ., 2015. 56 p. (In Russ.).
17. Solov'eva T.N. and Tolmacheva E.N. *Razvitie sel'skikh territoriy v usloviyakh obespecheniya prodovol'stvennoy bezopasnosti* [Development of rural areas in terms of food security]. Kursk: I.I. Ivanov Kursk State Agricultural Academy Publ., 2013. 203 p.
18. *Zakon Ukrainy ot 03.09.2013 g. № 425-VII* [The Law of Ukraine of September 03, 2013, No. 425-VII]. Available at: <http://rosorganic.ru/files/Zakon%20ykrain.pdf>. (accessed 22 September 2018).
19. Hidalgo-Baz M., Martos-Partal M., and González-Benito Ó. Assessments of the quality of organic versus conventional products, by category and cognitive style. *Food Quality and Preference*, 2017, vol. 62, pp. 31–37. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2017.06.008>.
20. Mironenko O.V. Organicheskiy rynek Rossii: sostoyanie i perspektivy [Russian organic market: state and prospects]. *Milk Processing*, 2017, vol. 213, no. 7, pp. 48–53. (In Russ.).
21. Bochkov A.A., Bochkova T.A., and Ivanitskiy D.K. Rynek organicheskoy produktsii: istochniki rosta i perspektivy razvitiya [Organic products market: growth sources and development prospects]. In: *Paramonov P.F., Egorov E.A., Artemova E.I., et al. Agroprodovol'stvennyy rynek regiona: teoriya i praktika [Agricultural and food market in the region: theory and practice]*. Krasnodar: Kuban State Agrarian University, 2016, pp. 205–227.
22. Argyropoulos Ch., Tsiafouli M.A., Sgardelis S.P., and Pantis J.D. Organic farming without organic products. *Land Use Policy*, 2013, vol. 32, pp. 324–328. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2012.11.008>.
23. Mironenko O.V. Stanovlenie rynka organicheskogo zemledeliya v Rossii [Formation of the market of organic farming in Russia]. *Food Quality and Preference*, 2018, no. 10, pp. 5–11. (In Russ.).
24. *Federalnyy zakon RF ot 29 dekabrya 2006 g. № 264-FZ "O razvitii selskogo khozyajstva"* [Federal law of the Russian Federation "On the development of agriculture"].
25. *Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 14.07.2012 g. № 717 – "O Gosudarstvennoy programme razvitiya sel'skogo khozyajstva i regulirovaniya rynkov sel'skokhozyaystvennoy produktsii, syr'ya i prodovol'stviya na 2013–2020 gody"* [Decree of the Government of the Russian Federation "On the State Programme for the Development of Agriculture and Regulation of Agricultural Products, Raw Materials and Food Markets for 2013–2020"]
26. *Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 25.08.2017 g. № 996 – "Ob utverzhdenii Federal'noy nauchno-tekhnicheskoy programmy razvitiya sel'skogo khozyajstva na 2017–2025 gody"* [Decree of the Government of the Russian Federation "On approval of the Federal Scientific and Technical Programme for the Development of Agriculture for 2017–2025"]
27. Zyuzukov A.V. Razvitie sel'skikh territoriy kak strategicheskij faktor povysheniya prodovol'stvennoy bezopasnosti Rossii [Development of rural areas as a strategic factor in increasing food security in Russia]. *Perspektivy razvitiya natsional'nykh agroprodovol'stvennykh sistem v usloviyakh VTO: Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Prospects for the development of national agrifood systems in the context of the WTO: Proceedings of the international scientific-practical conference].

Voronezh, 2014, pp. pp. 224–229. (In Russ.).

28. *Federal'nyy zakon Rossiyskoy Federatsii № 280-FZ "Ob organicheskoy produktsii i o vnesenii izmeneniy v otdel'nye zakonodatel'nye akty Rossiyskoy Federatsii"* [Federal Law of the Russian Federation "On Organic Products and on Amendments to Certain Legislative Acts of the Russian Federation"]. Available at: <http://rosorganic.ru/files/Zakon%20RF%20organica.pdf>. (accessed 22 September 2018).

29. Meier M.S., Stoessel F., Jungbluth N., et al. Environmental impacts of organic and conventional agricultural products – Are the differences captured by life cycle assessment? *Journal of Environmental Management*, 2015, vol. 149, pp. 193–208. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.10.006>.

30. Gray N. Developing organic, fairtrade, and ethically produces products. In: *Osborn S. and Morley W. (eds) Developing Food Products for Consumers with Specific Dietary Needs*. New York: Woodhead Publ., 2016, pp. 241–266.

31. *State Standart 56104-2014. Organic foods. Terms and definitions*. Moscow: Standartinform Publ., 2015. 4 p.

32. *State Standart 56508-2015. Organic production. Regulations for production, storage, transportation*. Moscow: Standartinform Publ., 2015. 43 p.

33. *GOST R 57022-2016. Produkciya organicheskogo proizvodstva. Poryadok provedeniya dobrovol'noj sertifikacii organicheskogo proizvodstva* [State Standart 57022-2016. Production of organic production. Procedure for voluntary certification of organic production]. Moscow: Standartinform Publ., 2016. 24 p.

34. *State Standart 33980-2016. Organic production. Production regulations, processing, labelling and implementation (CAC/GL 32-1999, NEQ)*. Moscow: Standartinform Publ., 2016. 46 p.

#### **Белякова Зинаида Юрьевна**

канд. техн. наук, старший научный сотрудник лаборатории стандартизации, метрологии и патентно-лицензионных работ, Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности, 115093, Россия, г. Москва, ул. Люсиновская, 35-7, тел: + 7 (926) 819-6773, e-mail: [gostmak@yandex.ru](mailto:gostmak@yandex.ru)

 <https://orcid.org/0000-0003-3025-4979>

#### **Zinaida Yu. Belyakova**

Cand.Sci.(Eng.), Senior Researcher of the Laboratory of Standardization, Metrology and Patent License Works, All-Russian research Institute of dairy industry, 35-7, Lyusinovskaya Str., Moscow, 115093, Russia, phone: + 7 (926) 819-6773, e-mail: [gostmak@yandex.ru](mailto:gostmak@yandex.ru)

 <https://orcid.org/0000-0003-3025-4979>

## Инновационные решения в управлении качеством продукции мукомольных предприятий

С. К. Мизанбекова<sup>1,\*</sup>, И. П. Богомолова<sup>2</sup>, Н. М. Шатохина<sup>2</sup>, А. В. Богомолов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>НАО «Казахский национальный аграрный университет»  
0550010, Республика Казахстан, г. Алматы, пр. Абая, 8

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий»,  
394036, Россия, г. Воронеж, пр. Революции, 19

Дата поступления в редакцию: 18.06.2018  
Дата принятия в печать: 20.09.2018

\*e-mail: Salima-49@mail.ru



© С. К. Мизанбекова, И. П. Богомолова, Н. М. Шатохина, А. В. Богомолов, 2018

**Аннотация.** Рассмотрены предприятия мукомольной промышленности, являющиеся ключевой составляющей хлебопродуктового комплекса, обеспечивающего продовольственную безопасность страны в условиях импортозамещения. У крупных мукомольных заводов наблюдается снижение показателей рентабельности, с увеличением поставок низкосортной муки нелегальных производителей. Отсутствие методических подходов к оценке действенности менеджмента качества, необходимость разработки инновационных направлений совершенствования управления для обеспечения конкурентного преимущества предприятий, вызывают необходимость их научных исследований по системе управления качеством. При важности менеджмента качества следует исходить из репрезентативной информации, полученной с использованием дифференциального или комплексного методов, когда числовые значения устанавливаются с помощью измерения различных показателей. Система оценки качества должна быть использована для определения его уровня на стадиях инновационного процесса. Методы оценки качества адаптированы к отраслевой специфике предприятий, на которых повышение эффективности использования зерна зависит от стабильности режимов на всех этапах его переработки. Экономико-математическая модель включает расчет показателей оценки: качества подготовки сырья к помолу, качества ведения технологического процесса и технического уровня производства. На результативность их деятельности существенное влияние оказывают качественные характеристики перерабатываемого сырья, эффективность управления технологическим процессом и использование потенциала технического уровня производства. Аналитические исследования позволили выявить тенденции менеджмента качества продукции отраслевых предприятий и доказать необходимость использования системных целенаправленных инновационных решений, а также постоянно осуществляемых управленческих действий на всех стадиях жизненного цикла производства муки от приема зернового сырья до выпуска готовой продукции.

**Ключевые слова.** Управление, качество, инновационные решения, мукомольные предприятия, рейтинговая оценка, продукция, рынок, сырье, питание

**Для цитирования:** Инновационные решения в управлении качеством продукции мукомольных предприятий / С. К. Мизанбекова, И. П. Богомолова, Н. М. Шатохина [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 3. С. 152–160. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-3-152-160>.

Original article

Available online at <http://fjpt.ru/>

## Innovative Decisions in the Production Quality Control of Flour Milling

S.K.Mizanbekova<sup>1,\*</sup>, I.P. Bogomolova<sup>2</sup>, N.M. Shatohina<sup>2</sup>, A.V. Bogomolov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Kazakh National Agrarian University,  
8, Abay Ave., Almaty, 050010, Republik of Kazakhstan

<sup>2</sup>Voronezh State University of Engineering Technologies,  
19, Revolution Ave., 394036, Voronezh, Russia

Received: June 18, 2018  
Accepted: September 20, 2018

\*e-mail: Salima-49@mail.ru



© S.K. Mizanbekova, I. P. Bogomolova, N. M. Shatohina, A.V. Bogomolov, 2018

**Abstract.** The present research features the Russian flour-milling industry. Flour manufacturers are a key component of the bread-baking complex of Russia, which ensures the food security of the country in the conditions of import substitution. However, large flour mills have recently experienced a decrease in profitability indicators, and production of low-quality flour by illegal producers has increased. Hence, the quality management system of flour milling enterprises requires new methodological approaches to assess the effectiveness of quality control procedures and innovative ways to improve product quality management that would ensure the

competitive advantage. Quality management should be based on representative information obtained by using differential or complex methods, with numerical values established by measuring various indicators of product quality, i.e. objective and subjective. The quality assessment system should be used to determine the quality level at each stage of the innovation process, which will allow for effective management decisions. The considered quality assessment methods were adapted to the sectoral specifics of the milling industry, since the efficiency of grain processing largely depends on the stability of regimes at all its stages. The paper introduces an economic and mathematical model that includes the calculation of three groups of assessment indicators: the quality of preparation of raw materials for grinding, the quality of the technological process, and the technical level of production. The performance indicators of their activities proved to be significantly affected by the quality characteristics of the processed raw materials, the efficiency of process control, and the use of the potential of the technical level of production. The analytical studies conducted by the authors revealed trends in the product quality management at sectoral enterprises and proved the need to use system-oriented innovative solutions at all stages of flour production.

**Keywords.** Management, quality, innovative solutions, mills, rating, products, market, raw materials, food

**For citation:** Mizanbekova S.K., Bogomolova I.P., Shatohina N.M., and Bogomolov A.V. Innovative Decisions in the Production Quality Control of Flour Milling. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2018, vol. 48, no. 3, pp. 152–160. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-3-152-160>.

### Введение

Нестабильная ситуация на отечественном рынке продовольственных товаров, обусловленная негативным воздействием международных экономических санкций, природно-климатических условий, недобросовестной конкуренции со стороны предприятий теневого сектора, обуславливает необходимость приоритетного решения проблем, связанных с повышением экономической эффективности деятельности за счет улучшения качества выпускаемой продукции. Это особенно актуально для предприятий мукомольной промышленности, выпускающих сырье для производства хлеба – традиционного продукта питания всех слоев населения России [1].

Согласно данным проведенных исследований, за последний период у крупных мукомольных заводов наблюдалось резкое снижение показателей рентабельности деятельности, поскольку на рынке увеличились поставки низкокачественной, но дешевой муки нелегальных производителей. Так, в декабре 2017 г. по данным «ИКАР» цена реализации муки первого сорта опустилась до 12,5 тыс. р/т. Эти данные сравнимы с уровнем ее себестоимости, значение которой в 2016 г. составляло более 16 тыс. р/т., а показатель рентабельности отраслевой деятельности не превышал 2 % [2].

Кроме того, несмотря на большие объемы валового сбора зерна пшеницы, качество его заметно ухудшилось. По данным отчета ФГБУ «Россельхозцентр» по оценке качества пшеницы в РФ зерно, выращиваемое в нашей стране, преимущественно относится к 4 и 5 классу, что приводит к необходимости в процессе производства муки применения дорогостоящих улучшителей.

Отсутствие или противоречивость существующих методических подходов к оценке действенности менеджмента качества отраслевого производства и востребованность на практике разработки инновационных направлений совершенствования управления качеством продукции для обеспечения конкурентного преимущества предприятий актуализирует заявленную тему.

Целью исследования является рассмотрение теоретических, методических и практических

аспектов разработки инновационных решений по совершенствованию управления качеством продукции на мукомольных предприятиях. Для достижения поставленной цели решены следующие задачи: раскрыты типовые и специфические аспекты управления качеством продукции; представлена характеристика уточненного методического подхода и проведена оценка менеджмента качества продукции мукомольного предприятия; обоснованы необходимость и целесообразность инновационных управленческих решений по повышению эффективности переработки зернового сырья в муку в условиях конкуренции.

### Объекты и методы исследования

Объектом исследования избраны предприятия мукомольной промышленности России, расположенные в Центральном черноземном регионе. При решении поставленных задач использованы методы системного анализа, экспертных оценок, экономико-математические и графические методы.

### Результаты и их обсуждение

Как показывает изучение литературных источников и практики предпринимательства, управление качеством должно носить комплексный системный характер: обеспечивать качество сырья, организацию технологических процессов и требуемый уровень квалификации персонала. Это позволит приобрести и сохранить в стратегической перспективе конкурентоспособность выпускаемой продукции.

Для отечественных предприятий в условиях их функционирования на внешнем рынке проблема управления качеством, как синтетическим показателем конкурентоспособности, приобретает важное значение, так как применяемые технологии производства и технический уровень оборудования в нашей стране часто значительно ниже, чем в развитых странах. Для ее решения необходимо объединить усилия государства, бизнеса, ученых, конструкторов, работников предприятий, а также потребителей. При этом, государству следует осуществлять действенную поддержку эффективной работы

отечественных товаропроизводителей на основе формирования требований к качеству и безопасности продукции, организации контроля за соответствием ее декларированного и фактического качества, определения порядка прохождения процедур стандартизации и сертификации [3]. Накопленный практический опыт подтверждает, что успешность функционирования любого предприятия зависит от того, насколько эффективно ведется контроль за его деятельностью и насколько результативны изменения, вносимые в ходе проведения этого контроля в бизнес-процессы компании.

Системы управления качеством, действующие на предприятиях различных отраслей, должны учитывать индивидуальные особенности деятельности. Мировая практика сформировала их следующие типовые цели: повышение качества и производительности труда, снижение затрат, улучшение производственного климата, соответствие требованиям законодательства, удовлетворение потребностей, укрепление экономической стабильности страны и др [3].

Учитывая важность менеджмента качества, при принятии управленческих решений следует базироваться на репрезентативной информации, полученной с использованием дифференциального или комплексного методов. При этом числовые значения устанавливаются с помощью измерения различных показателей качества продукции: объективных (измерительных, регистрационных, расчетных), а также субъективных (органолептического, социологического, экспертного). Указанная система оценки качества должна использоваться для определения его уровня на всех стадиях инновационного процесса. Это позволит принимать эффективные управленческие решения по развитию бизнеса в рамках приоритетных направлений деятельности.

Рассмотренные методы оценки качества были адаптированы к отраслевой специфике мукомольной промышленности, на предприятиях которой, по мнению авторов, повышение эффективности использования зерна в значительной мере зависит от стабильности режимов на всех этапах его переработки. Разработанная экономико-математическая модель включает расчет трех групп показателей оценки: качества подготовки сырья к помолу, качества ведения технологического процесса и технического уровня производства [4].

Первый этап состоит в оценке степени подготовки зерна к помолу на основании группы коэффициентов (влажность, стекловидность, клейковина, зольность, сорная и зерновая примеси), на основании значений которых рассчитывается итоговый аналитический коэффициент. На втором этапе выполняется расчет комплексного показателя качества ведения технологического процесса с учетом характеристик соответствия отбора отходов, отрубей, выхода муки, влажности продукции. Третий этап включает изучение данных по наличию основных средств, загрузке производственной мощности, времени простоев оборудования, информации об

автоматизации рабочих мест и расчет интегрального показателя технического уровня производства. Построение трехмерной экономико-математической модели позволяет наглядно отразить текущее состояние менеджмента качества, выявить сильные и слабые стороны и разработать соответствующие рекомендации для улучшения работы предприятия.

Результаты практического применения авторской методики для оценки управления качеством на одном из ведущих мукомольных предприятий Центрального Федерального округа подробно изложены ниже. В силу конфиденциальности информации название предприятия не приведено. Применяемые на предприятии технологии переработки позволяют отбирать пшеничную муку сорта «экстра», манную крупу, муку высшего, первого и второго сортов.

На предприятии существует иерархическая корпоративная культура, присущая организациям, главной целью которых является обеспечение рентабельного, надежного выпуска качественной продукции. Ключевыми ценностями успеха являются четкие линии распределения полномочий по принятию управленческих решений, стандартизованные и формализованные правила и процедуры, механизмы контроля и учета.

Несмотря на то, что предприятие, избранное в качестве объекта исследования, многократно становилось лауреатом различных конкурсов, а продукция компании соответствует высоким стандартам качества, оно имеет достаточно большое количество конкурентов. Однако оно продолжает развиваться, удерживая свою рыночную нишу. Стратегия развития предприятия во многом направлена на диверсификацию производства и использование современных возможностей глубокой переработки зерна, поэтому менеджмент организации принимал активное участие в проведении оценки эффективности управления качеством производственной деятельности, выступая в качестве независимых экспертов [5].

На основании данных отраслевой формы № ЗПП-117 за 2015–2017 гг. был проведен расчет средневзвешенных значений показателей качества перерабатываемого зерна пшеницы, диапазон колебания которых составил: по влажности – от 16,15 до 16,27 %; по уровню клейковины – от 23,32 до 23,92 %; по стекловидности – от 42,0 до 42,54 %; по зольности – 1,64–1,73 %. Зерновая и сорная примесь достигала уровня 2,1–2,38 % и 0,09 %. Аналогично широкая вариация зафиксирована по средневзвешенным показателям технологического процесса. В частности, при плановых значениях не кормовых отходов и механических потерь 0,7 %, их реальная величина формировалась на уровне от 0,64 до 0,66 %. Значения фактических величин отбора отрубей превышали расчетную величину на 1,58–2,71 процентных пункта, расчетные выхода продукции были перекрыты на 1,28–1,42 процентных пункта. При этом отмечена тенденция сохранения показателей влажности муки стабильно ниже нормативного показателя (15 %) [5].

На основании исходных значений проведена оценка степени подготовки зерна к помолу на исследуемом предприятии. Расчет коэффициентов соответствия влажности, клейковины и стекловидности выполнен по формуле 1:

$$K = X_{\phi} / X_{\min}, \quad (1)$$

где  $X_{\phi}$  – фактическое значение показателя качества сырья,  $X_{\min}$  – минимально допустимое значение показателя качества зерна, установленное стандартом.

Для показателей зольности, зерновой и сорной примеси использована формула 2:

$$K = 1 - (X_{\phi} - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min}). \quad (2)$$

Использование разных формул для расчетов обусловлено тем, что увеличение значения показателей первой группы улучшает качество готовой продукции, а увеличение показателей второй группы – напротив, ухудшает ее.

Далее выполнен расчет значения аналитического коэффициента оценки качества подготовки сырья к помолу по формуле 3:

$$I = \sqrt[n]{\prod_i K_i}, \quad (3)$$

где  $I$  – аналитический коэффициент;  $n$  – количество коэффициентов;  $K_i$  – значение отдельного коэффициента качества зерна.

Результаты расчетов коэффициентов качества зерна обобщены в таблице 1.

Итоги комплексной оценки качества технологического процесса, проведенной на

основании сравнения расчетных исходных и фактических уровней показателей по данным технологической лаборатории по формуле 4, представлены в таблице 2:

$$K_a = \sqrt[n]{K_o \times K_{om} \times K_e \times K_{el}}. \quad (4)$$

Оценка технического уровня мукомольного цеха выполнена с учетом обобщения и критического анализа данных объекта исследования по количеству оборудования, систематизированного по срокам амортизации, коэффициентам интенсивности износа, соответствующим срокам амортизации и сформированным на основе данных отчета по основным средствам. Сделан вывод, что доля оборудования, срок службы которого меньше или равен амортизационному, не превышает по данным 2017 г. 11 %, а удельный вес оборудования, находящегося в эксплуатации в течение 6–10 лет после окончания амортизационного периода, достигает почти 44 %. Это подтверждает тенденцию повышения степени износа активной части основных производственных фондов предприятия. [6]

На основании представленных организацией данных проведена оценка степени технического состояния оборудования мукомольного цеха и уровня использования производственной мощности; определены значения коэффициентов стабильности использования рабочего периода и надежности оборудования; проанализированы уровень автоматизации и механизации производства и степень технического состояния зданий и сооружений. Использование экспертного метода позволило выявить уровень значимости показателей, характеризующих технический уровень производства, среди которых как максимально

Таблица 1 – Аналитические показатели качества сырья за 2015–2017 гг.

Table 1 – Analytical indicators of the quality of raw materials in 2015–2017

Сельскохозяйственные годы	Показатели качества						
	Коэффициент соответствия влажности зерна	Коэффициент соответствия клейковины зерна	Коэффициент соответствия стекловидности зерна	Коэффициент соответствия зольности зерна	Коэффициент соответствия зерновой примеси	Коэффициент соответствия сорной примеси зерна	Аналитический коэффициент оценки качества подготовки сырья к помолу
2015 г.	1,16	1,31	1,06	0,80	0,52	0,96	0,93
2016 г.	1,16	1,33	1,06	0,71	0,53	0,92	0,91
2017 г.	1,15	1,29	1,05	0,67	0,58	0,95	0,91

Таблица 2 – Аналитические показатели качества технологического процесса за 2015–2017 гг.

Table 2 – Analytical quality indicators of the technological process in 2015–2017

Сельскохозяйственные годы	Показатели качества				
	Коэффициент соответствия отбора отходов, $K_o$	Коэффициент отбора отрубей, $K_{от}$	Коэффициент соответствия выхода мукомольной продукции, $K_b$	Коэффициент соответствия влажности продукции, $K_{вл}$	Аналитический коэффициент оценки качества технологического процесса, $K_a$
2015 г.	0,94	0,88	1,02	0,98	0,95
2016 г.	0,91	0,92	1,02	0,97	0,95
2017 г.	0,91	0,93	1,02	0,98	0,96

важными для управления качеством названы степень технического состояния оборудования и уровень использования производственной мощности (соответственно по 2,5 балла из 10 возможных).

На основании описанных выше коэффициентов и оценки значимости показателей, характеризующих технический уровень, с использованием формулы 5 рассчитано значение обобщенного интегрального показателя:

$$K_{umm} = \frac{K_a \times k_a + K_m \times k_m + K_c \times k_c + K_n \times k_n + K_{am} \times k_{am} + K_3 \times k_3}{k + k + k + k + k + k} \quad (5)$$

Коэффициент соответствия отбора отходов,  $K_o$

Коэффициент отбора отрубей,  $K_{om}$

Коэффициент соответствия выхода мукомольной продукции,  $K_g$

Коэффициент соответствия влажности продукции  $K_{gl}$

Аналитический коэффициент оценки качества технологического процесса,  $K_a$

Коэффициент страховых тарифов в зависимости от технических характеристик транспортного средства,  $K_m$

Коэффициент страхового стажа,  $K_c$

Базируясь на полученных в результате использования адаптированного к отраслевым особенностям методического подхода данных, построена трехмерная экономико-математическая модель, которая отображает тенденции управления качеством технологического процесса мукомольного предприятия (рис. 1).

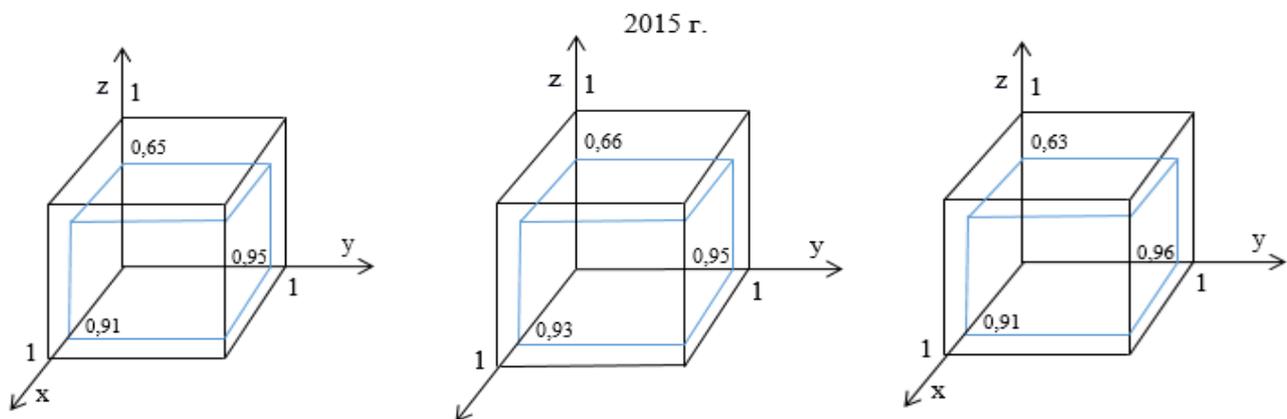
На основании полученных в ходе анализа результатов сделаны выводы, что, несмотря на снижающийся фактический показатель технического уровня, на предприятии наблюдается устойчивая тенденция к улучшению качества ведения технологического процесса. На фоне резкого снижения качества поступающего зернового сырья, менеджмент качества должен уделить более пристальное внимание этому фактору, повысив уровень входного контроля над качеством зерна пшеницы и обеспечив эффективный контроль всех

технологических процессов подготовки зерна к помолу и переработки в муку с целью выявления причин и возможных резервов улучшения показателей [7].

На основе данных трехмерной модели управления качеством технологического процесса выявлены тенденции снижения технического уровня производства и ухудшения качества сырьевых ресурсов объекта исследования, что фактически подтвердило общероссийскую динамику. Полученная информация была положена в основу разработки инновационных решений, учитывающих отраслевую специфику, по совершенствованию управления качеством (рис. 2).

Считаем, что выпуск качественной муки определяется, прежде всего, обеспечением стабильности всех процессов организации производства продукции, начиная с подготовки сырья к помолу. В условиях цифровой экономики следует использовать современные информационно-измерительные системы и новые методы анализа при проведении входного контроля сырья и готовой продукции. Это даст возможность прогнозировать качество получаемых хлебобулочных изделий, установить эффективную обратную связь с потребителями и использовать ее результаты для решения реальных производственных задач.

При хранении зерна рекомендуется не допускать смешивание разных типов и подтипов, обладающих различными хлебопекарными свойствами, а также



где z – интегральный показатель фактического технического уровня производства;  
 x – аналитический показатель оценки качества подготовки сырья к помолу;  
 y – интегральный показатель оценки качества ведения технологического процесса

Рисунок 1 – Трехмерная экономико-математическая модель управления качеством технологического процесса  
 Figure 1 – Three-dimensional economic and mathematical model of quality management process



Рисунок 2 – Направления совершенствования управления качеством с учетом отраслевой специфики

Figure 2 – Directions for quality management improvement according to specific industry

зерно, которое имеет неодинаковые показатели влажности и засоренности.

Согласимся с позицией экспертов Минсельхоза РФ, которые считают перспективным инновационным решением проблем качества глубокую переработку зерна с выпуском сухой пшеничной клейковины, крахмала и глютена, востребованных как на отечественном, так и зарубежных рынках.

Инвестиционно привлекательными следует считать интеграционные проекты по селекции-

рованию новых сортов пшеницы, адаптированных к условиям выращивания в конкретных регионах страны, что позволит получить урожай уже с заданными показателями качества зерна для мукомольной и хлебопекарной продукции.

Далее, более подробно раскроем рекомендации по улучшению качества управления ведением технологического процесса мукомольного производства. Возможность аккумулирования информации у технолога при условии внедрения

автоматизированного управления мельничным элеватором позволит обеспечить дистанционное управление с целью контроля эффективности технологического процесса. Совершенствование процесса размола также следует производить на основе автоматизированного оборудования нового поколения, которое не только позволяет упростить технологические схемы, но и снизить капитальные затраты на аспирационные установки расход электроэнергии в процессе их эксплуатации.

Целесообразна к внедрению экологически безопасная и безотходная технология переработки зерна, которая дает возможность перерабатывать пшеничные отруби сухим способом в высокобелковую муку с повышенным содержанием лизина и витаминов, а также сократить мучные отходы до 3 %.

Как было сказано выше, качество ведения технологического процесса играет одну из ведущих ролей в производстве высококачественной муки, но, следует учитывать и технический уровень оборудования, которое используется в процессе зернопереработки.

Учитывая, что техническое перевооружение предприятий является длительным процессом, требующим значительных инвестиций, возможно проведение модернизации мельничного оборудования, например, внедрение восьмивальцовых станков. Установка вальцов последовательно на двух уровнях позволяет заменить два этапа просеивания одним, существенно снижая энергоемкость и длительность процесса.

Как уже отмечалось ранее, в последнее время на отраслевом рынке отмечается дефицит пшеницы 3 класса, обусловленный действием природно-климатических факторов и спецификой организации экспорта отечественного зерна, вызывающий низкое содержание в зерне сырой клейковины. Проведенный патентный поиск доказал, что в качестве решения указанной проблемы возможно внесение в муку сухой пшеничной клейковины, что позволит довести ее уровень до стандартного. При низком значении числа падения в муке возможно внесение импортных ферментных препаратов, что предотвращает разжижение теста в период брожения, устраняется вздутие и крупную пористость. Для повышения автолитической активности муки, а, соответственно, и увеличения объема выпекаемого хлеба на 8,4–16,8%, улучшения цвета корки и устранения крошковатости мякиша рекомендуется использование отечественного ферментного препарата, не уступающего по органолептическим показателям зарубежным аналогам. Введение в состав муки добавки серебряного нанобиокомпозита позволит снизить общую обсемененность муки, количество картофельной палочки, повысить пищевую ценность и срок годности хлеба до 72 ч.

Сравнительный анализ инновационных технологий позволил обоснованно рекомендовать для объекта исследования к использованию одну из передовых разработок компании

ООО «Грейн Ингредиент» «EnzoWay 5.02». Финансово-экономические расчеты подтвердили целесообразность применения названных улучшителей, которые имеют природное происхождение и нацелены на повышение эффективности управления мукомольным производством за счет улучшения качества зерна, увеличения общего выхода муки и выхода муки высшего сорта.

В частности, обогащение зернового сырья внесением ТСВ «EnzoWay 5.02» позволит увеличить совокупный выход продукции на 5,8 %, выход муки высшего сорта – на 1,5 %. При среднем росте себестоимости одной тонны продукции на 0,6 % и цены реализации на 3 %, дополнительная прибыль предприятия составит 8377,2 тыс. р. Снижение затрат на один рубль выпускаемой продукции на 3 копейки приведет к росту рентабельности продукции на 2,7 %.

Кроме того, может быть получен дополнительный мультипликативный эффект в связи с тем, что у производителей хлебобулочных изделий не возникнет необходимость внесения улучшителей при закупке муки с требуемыми хлебопекарными свойствами. Выпускаемый ими ассортимент хлебобулочных изделий будет обеспечивать высокий уровень безопасности продукции, способной оказать положительное влияние на организм человека, что обеспечит ее востребованность на рынке.

### **Выводы**

Рассмотренные научно-методические и практические вопросы совершенствования управления качеством продукции позволили выявить специфические аспекты управления качеством продукции и уточнить методический подход к проведению оценки менеджмента качества мукомольного предприятия. Доказана целесообразность внедрения инновационных управленческих решений с целью улучшения переработки пшеницы в условиях конкуренции. Реализация предложенных рекомендаций в практической деятельности объекта исследования и других отраслевых предприятий позволит обеспечить предприятию укрепление конкурентоспособности на отраслевом рынке в аспекте решения проблемы продовольственной безопасности.

### **Критерий авторства**

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат.

### **Конфликт интересов**

Авторы заявляют об отсутствии интересов.

### **Благодарности**

Авторы выражают благодарность сотрудникам предприятий мукомольной промышленности за предоставленную информацию и участие в качестве независимых экспертов проведения оценки качества продукции.

### Список литературы

1. Повышение эффективности деятельности предприятий мукомольной промышленности на основе системы управления качеством продукции : монография / И. П. Богомолова, Б. П. Рукин, С. Н. Нечаева [и др.]. – Воронеж: Издательство «Истоки», 2007. – 204 с.
2. Дремучева, Г. Ф. Воздействие ферментного препарата Амилоризин нового поколения на хлебопекарные свойства пшеничной муки / Г. Ф. Дремучева, А. А. Невский, Н. В. Цурикова, // *Хлебопродукты*. – 2017. – № 12. – С. 46–48.
3. Куприянова, Л. М. Лаборатория современных практик / Л. М. Куприянова // *Менеджмент*. – 2015. – № 3. – С. 75–84.
4. Мизанбекова, С. К. Вопросы устойчивого развития зернопродуктового подкомплекса Казахстана / С. К. Мизанбекова, Б. Б. Калыкова, И. Т. Мизанбеков // *Проблемы агрорынга*. – 2018. – № 2. – С. 139–147.
5. Изучение влияния пищевой добавки «EnzoWay 5.02» на свойства хлеба и его микробиологические показатели / В. В. Петриченко, Е. И. Пономарева, М. Г. Иванов [и др.] // *Вестник ВГУИТ*. – 2017. – Т. 79, № 1. – С. 165–168. DOI: <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2017-1-165-168>.
6. Качество муки из зерна урожая 2017 года: особенности и методы корректировки, специальные виды муки // *Хлебопродукты*. – 2017. – № 12. – С. 34–36.
7. Mizanbekova, S. Food supply security: the case of EAEU member-states / S. Mizanbekova, M. Uspanova, D. Kunanbaeva // *Journal of Entrepreneurship Education*. – 2018. – Vol. 21, № 3. – P. 2–15.
8. Priorities of Mixed Fodder Production Development in Emerging Countries: the Case of Kazakhstan / S. Mizanbekova, A. Umbetaliev, A. Aitzhanova [et al.] // *Espacios*. – 2017. – Vol. 38, № 42. – P. 29–41.
9. The Quality Management System Improvement for the Enhancement of Production Competitiveness / S. Mizanbekova, A. Umbetaliev, A. Aitzhanova [et al.] // *Espacios*. – 2017. – Vol. 38, № 42. – P. 56–68.
10. Managing adaptive development of the Russian food industry / I. P. Bogomolova, N. M. Shatokhina, A. V. Bogomolov [et al.] // *International Journal of Applied Business and Economic Research*. – 2017. – Vol. 15, № 13. – P. 161–170.
11. Богомолов, А. В. Инновационные подходы к совершенствованию деятельности предприятий региональной хлебопекарной промышленности / А. В. Богомолов, О. Е. Халанская, Н. Кигно // *Международные научные исследования*. – 2017. – Т. 31, № 2. – С. 305–316.
12. Мониторинг рынка мукомольной продукции России с учетом фактора риска и неопределенности / И. Н. Василенко, А. В. Богомолов, С. Д. П. Д. Силва // *Фундаментальные и прикладные науки сегодня: материалы X международной научно-практической конференции*. – North Charleston, USA, 2016. – С. 149–153.
13. Богомолов, А. В. Сбалансированное развитие мукомольно-крупяной промышленности России в рамках реализации государственного регулирующего управления / А. В. Богомолов, Р. Б. Колесов // *Вектор экономики*. – 2016. – Т. 6, № 6. – С. 45–57.
14. Василенко, И. Н. Интеграционные инструменты управления производственным потенциалом зерноперерабатывающих предприятий / И. Н. Василенко, А. В. Богомолов, И. В. Плеканова // *Актуальные проблемы развития вертикальной интеграции системы образования, науки и бизнеса: экономические, правовые и социальные аспекты : материалы IV Международной научно-практической конференции*. – Воронеж, 2015. – С. 104–108.
15. Богомолов, А. В. Аналитическая оценка факторов, определяющих развитие потенциала предприятий зернопродуктового комплекса / А. В. Богомолов, И. В. Плеканова // *Агропромышленный комплекс современной России: проблемы, приоритеты развития : материалы Международной научно-практической конференции / Воронежский государственный университет*. – Воронеж, 2015. – С. 15–19.

### References

1. Bogomolova I.P., Rukin B.P., Nechaeva S.N., and Shatokhina N.M. *Povyshenie ehffektivnosti deyatel'nosti predpriyatiy mukomol'noy promyshlennosti na osnove sistemy upravleniya kachestvom produktsii* [Improving the efficiency of the milling industry enterprises on the basis of the product quality management system]. Voronezh: Istoki Publ., 2007. 204 p. (In Russ.).
2. Dremucheva G.F., Nevsky A.A., and Tsurikova N.V. Impact of the fermental medicine Amilorizin of new generation on baking properties of wheat flour. *Bread products*, 2017, no. 12, pp. 46–48. (In Russ.).
3. Kupriyanova L.M. *Laboratoriya sovremennykh praktik* [Laboratory of modern practices]. *Menedzhment* [Management], 2015, no. 3, pp. 75–84. (In Russ.).
4. Mizanbekova S.K., Kalykova B.B., and Mizanbekov I.T. *Voprosy ustoychivogo razvitiya zernoproduktovogo podkompleksa Kazakhstana* [Issues of sustainable development of the grain production sub-complex of Kazakhstan]. *Problemy agrorynka* [Agriculture Problems], 2018, no. 2, pp. 139–147. (In Russ.).
5. Petrichenko V.V., Ponomareva E.I., Ivanov M.G., and Zubkova E.V. The study of the influence of food supplement “Enzo Way 5.02” on the properties of bread and its microbiological indicators. *Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies*, 2017, vol. 79, no. 1, pp. 165–168. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2017-1-165-168>.
6. The quality of flour from grain harvest 2017: features and adjustment methods, special types of flour. *Bread products*, 2017, no. 12, pp. 24–26. (In Russ.).
7. Mizanbekova S., Uspanova M., and Kunanbaeva D. Food supply security: the case of EAEU member-states. *Journal of Entrepreneurship Education*, 2018, vol. 21, no. 3, pp. 2–15.
8. Mizanbekova S., Umbetaliev A., Aitzhanova A., and Akyibaev R. Priorities of Mixed Fodder Production Development in Emerging Countries: the Case of Kazakhstan. *Espacios*, 2017, vol. 38, no. 42, pp. 29–41.

9. Mizanbekova S., Umbetaliev A., Aitzhanova A., and Bogomolov A. The Quality Management System Improvement for the Enhancement of Production Competitiveness. *Espacios*, 2017, vol. 38, no. 44, pp. 56–68.
10. Bogomolova I.P., Shatokhina N.M., Bogomolov A.V., Strypchikh E.S., and Plekanova I.V. Managing adaptive development of the Russian food industry. *International Journal of Applied Business and Economic Research*, 2017, vol. 15, no. 13, pp. 161–170.
11. Bogomolov A.V., Khalanskaya O.E., and Kigno N. Innovative approaches to the improvement of the activity of the enterprises of the regional baking industry. *Journal of International Scientific Researches*, 2017, vol. 31, no. 2, pp. 305–316. (In Russ.).
12. Vasilenko I.N., Bogomolov A.V., Silva S.D.P.D. Monitoring rynka mukomol'noy produktsii Rossii s uchetom faktora riska i neopredelennosti [Monitoring the Russian flour milling market with regard to the risk and uncertainty factors]. *Fundamental'nye i prikladnye nauki segodnya: materialy X mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Fundamental and Applied Sciences Today: Proceedings of the X International Scientific Practical Conference]. North Charleston, USA, 2016, pp. 149–153. (In Russ.).
13. Bogomolov A.V. and Kolesov R.B. Balanced development of the milling industry of Russia in the framework of implementation of state regulatory control. *Vector Economy*, 2016, vol. 6, no. 6, pp. 45–57. (In Russ.).
14. Vasilenko I.N., Bogomolov A.V., and Plekanova I.V. Integratsionnye instrumenty upravleniya proizvodstvennym potentsialom zernopererabatyvayushchikh predpriyatiy [Integration tools for managing the production potential of grain processing enterprises]. *Aktual'nye problemy razvitiya vertikal'noy integratsii sistemy obrazovaniya, nauki i biznesa: ehkonomicheskie, pravovye i sotsial'nye aspekty: materialy IV Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Relevant problems of the development of vertical integration of the education system, science, and business: economic, legal, and social aspects: materials of the IV International Scientific Practical Conference]. Voronezh, 2015, pp. 104–108. (In Russ.).
15. Bogomolov A.V. and Plekanova I.V. Analiticheskaya otsenka faktorov, opredelyayushchikh razvitie potentsiala predpriyatiy zerno-produktovogo kompleksa [Insight into the factors that determine the potential development of grain producers]. *Agropromyshlennyy kompleks sovremennoy Rossii: problemy, priority razvitiya: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [The farming sector of modern Russia: problems and development priorities: international applied science conference proceedings]. Voronezh, 2015, pp. 15–19. (In Russ.).

**Мизанбекова Салима Каспиевна**

д-р экон. наук, профессор кафедры менеджмента и организации агробизнеса, НАО «Казахский национальный аграрный университет», 050010, Республика Казахстан, г. Алматы, пр. Абая, 8, тел.: + 7 (727) 262-19-59, e-mail: Salima-49@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-7602-9710>

**Богомолова Ирина Петровна**

д-р экон. наук, заведующая кафедрой управления, организации производства и отраслевой экономики, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», 394036, Россия, г. Воронеж, пр. Революции, 19

<https://orcid.org/0000-0001-5883-1294>

**Шатохина Наталья Митрофановна**

канд. экон. наук, доцент кафедры управления, организации производства и отраслевой экономики, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», 394036, Россия, г. Воронеж, пр. Революции, 19

**Богомолов Антон Владимирович**

канд. экон. наук, преподаватель кафедры управления организации производства и отраслевой экономики, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», 394036, Россия, г. Воронеж, пр. Революции, 19

**Salima K. Mizanbekova**

Dr.Sci.(Econ.), Professor of the Department of Management and Organization of Agribusiness, Kazakh National Agrarian University, 8, Abay Ave., Almaty, 050010, Republik of Kazakhstan, phone: + 7 (727) 262-19-59, e-mail: Salima-49@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-7602-9710>

**Irina P. Bogomolova**

Dr.Sci.(Econ.), Head of the Department of Management, Organizations Manufacturing and Industrial Economy, Voronezh State University of Engineering Technologies, 19, Revolution Ave., 394036, Voronezh, Russia

<https://orcid.org/0000-0001-5883-1294>

**Nataliya M. Shatohina**

Cand.Sci.(Econ.), Assistant of the Department of Management, Organizations Manufacturing and Industrial Economy, Voronezh State University of Engineering Technologies, 19, Revolution Ave., 394036, Voronezh, Russia

**Anton V. Bogomolov**

Cand.Sci.(Econ.), Associate Professor of the Department of Management, Organizations Manufacturing and Industrial Economy, Voronezh State University of Engineering Technologies, 19, Revolution Ave., 394036, Voronezh, Russia

## Достижения и перспективы развития полимерной упаковки мяса и полуфабрикатов

А. А. Семенова\* , В. В. Насонова , Н. М. Ревуцкая , М. В. Трифонов 

ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН,  
109316, Россия, г. Москва, ул. Талалихина, 26

Дата поступления в редакцию: 15.08.2018  
Дата принятия в печать: 20.09.2018

\*e-mail: [a.semenova@fneps.ru](mailto:a.semenova@fneps.ru)



© А. А. Семенова, В. В. Насонова, Н. М. Ревуцкая, М. В. Трифонов, 2018

**Аннотация.** В условиях наращивания и последующего сохранения достигнутых объемов производства мяса в Российской Федерации, потребление мясной продукции в переработанном виде постоянно увеличивается. В настоящее время полуфабрикаты вышли на первое место в общей структуре производства и потребления мясной продукции, обогнав по совокупности все виды переработанной продукции. На фоне усиливающейся конкуренции между отечественными производителями возрастают требования к упаковке основных видов переработанной продукции – отрубов и кусковых полуфабрикатов, как к важному драйверу продаж. Огромную роль в развитии упаковочных решений для промышленности играют научные исследования. Настоящий обзор посвящен основным направлениям работ ученых разных стран в этой области. Представлены современные научные достижения в области применения вакуумной упаковки для охлажденного мяса и полуфабрикатов, включая ее разновидности в виде термоусадочных материалов и «скин»-упаковки. Отмечено, что основное внимание уделено вопросам формирования показателей безопасности и качества мясной продукции, а также функциональности и «барьерности» упаковочных материалов. Рассмотрены основные аспекты использования упаковки в условиях модифицированной газовой атмосферы с различным составом газовых смесей, в том числе с монооксидом углерода и высоким содержанием кислорода, способствующих поддержанию красного цвета мяса. Обсуждены дальнейшие направления в развитии технологии су-вид, а также активной и интеллектуальной упаковки. Поиск новых идей в области активной и умной упаковки поможет лучше контролировать вопросы увеличения сроков годности, регулирования свежести и поддержания стабильного качества мясной продукции.

**Ключевые слова.** Мясо, полимерные материалы, вакуум, модифицированная газовая атмосфера, су-вид, активная упаковка, интеллектуальная упаковка, качество, сроки годности

**Для цитирования:** Достижения и перспективы развития полимерной упаковки мяса и полуфабрикатов / А. А. Семенова, В. В. Насонова, Н. М. Ревуцкая [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 3. С. 161–174. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-3-161-174>.

Review article

Available online at <http://fptt.ru/>

## Achievement and Future Developments of Polymer Materials for Meat and Semi-Finished Products

A.A. Semenova\* , V.V. Nasonova , N.M. Revutskaya , M.V. Trifonov 

V.M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems  
of Russian Academy of Sciences,  
26, Talalihin Str., Moscow, 109316, Russia

Received: August 15, 2018  
Accepted: September 20, 2018

\*e-mail: [a.semenova@fneps.ru](mailto:a.semenova@fneps.ru)



© A.A. Semenova, V.V. Nasonova, N.M. Revutskaya, M.V. Trifonov, 2018

**Abstract.** Consumption of unprocessed meat products in the conditions of increasing and subsequent preservation of achieved meat production volumes in the Russian Federation is continue to increase. At present, semi-finished products occupied first in the overall structure of production and consumption meat products, having overtaken in aggregate all types of processed products. In the background of increasing competition between domestic producers, the requirements for the packaging of the main types of unprocessed products – cuts and lumpy semi-finished products – will be continue to increase as an important driver of sales. Research studies play an important role in the development of packaging solutions for industry. This review focuses on the main areas of scientists studying from different countries. Modern scientific achievement in the field of vacuum packaging for chilled meat and semi-finished products including heat-shrinkable materials and skin packaging are presented. Special attention was paid to the forming safety and quality indexes of meat products, as well as functionality and “barrier” of packaging materials. Basic aspects of modified atmosphere packaging with different gas mixture including monoxide carbon and high oxygen using to maintain the desirable bright red color meat are considered.

The further directions for development of technology sous-vide are discussed, as well as active and intelligent packaging. The search for new ideas in the field of active and smart packaging will help for better controlling shelf life, regulating freshness and maintaining stable quality of meat products.

**Keywords.** Meat, polymer materials, vacuum, modified atmosphere packaging, sous-vide, active packaging, smart packaging, quality, shelf-life

**For citation:** Semenova A.A., Nasonova V.V., Revutskaya N.M., and Trifonov M.V. Achievement and Future Developments of Polymer Materials for Meat and Semi-finished Products. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2018, vol. 48, no. 3, pp.161–174. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-3-161-174>.

## **Введение**

Современное производство продуктов питания не представляется без применения полимерной упаковки. Если раньше основной целью ее использования считалась защита продукта от загрязнения, то сегодня упаковка выполняет множество функций. Среди них – презентабельность, информативность, обеспечение наилучших условий при проведении технологических и логистических процессов (охлаждение, складирование и/или размещение при холодильном хранении, поддержание оптимальной среды в процессе хранения), удобство использования продукта для потребителей (легкость вскрытия и возможность повторного закрытия, пригодность к доведению до кулинарной готовности и разогреванию).

Сегодня все чаще можно услышать мнение о том, что производители продуктов питания конкурируют друг с другом через упаковку. Полимерная упаковка существенно изменяет сроки годности пищевых продуктов. Она позволяет с минимальными затратами транспортировать их на дальние расстояния, способствует сохранению высокого качества и снижению потерь на всех этапах производства, хранения, реализации и потребления.

Успехи упаковки очевидны, но не окончательны. Многие отечественные и зарубежные ученые прогнозируют выход упаковки продуктов питания на качественно новый уровень.

Настоящая статья носит обзорный характер и посвящена достижениям и перспективам в области применения полимерной упаковки для наиболее проблемной в хранении пищевой продукции – охлажденного мяса и мясных полуфабрикатов.

## **Объекты и методы исследования**

При подготовке статьи для выделения перспективных направлений дальнейшего развития упаковки переработанной мясной продукции были изучены научные публикации и патенты зарубежных и российских авторов. В качестве методологии подготовки обзора использовалось критическое обобщение статистико-экономических сведений по производству мяса и полуфабрикатов в Российской Федерации, научных основ применения разных способов упаковывания мяса, результатов исследовательских работ, посвященных проблеме сохранения потребительских свойств и безопасности упакованного мяса (с учетом их практической значимости и научной новизны).

## **Результаты и их обсуждение**

*Оценка ситуации на отечественном рынке мясной продукции и роль упаковки в его дальнейшем развитии.* За последние пять лет производство мяса в Российской Федерации усиленно набирало темпы роста. В итоге, по сравнению с 2013 годом, в 2017 году производство свинины увеличилось на 78,3 % и достигло 2 315,9 тыс. т, мяса птицы – на 32,0 % (4 765,6 тыс. т), баранины – на 19,3 % (6,8 тыс. т) и говядины – на 5,7 % (253,6 тыс. т) [1].

В 2018 году уже за первое полугодие мясная промышленность показала рост (табл. 1) по таким показателям, как производство мяса и субпродуктов, полуфабрикатов, продуктов из мяса и кулинарных изделий. В тоже время продолжал наблюдаться спад объемов производства и потребления колбасных изделий, мясных и мясосодержащих консервов. В общей структуре производства мясной продукции полуфабрикаты вышли на первое место. Для сравнения: в 1990 году объемы их производства были почти в 2 раза меньше объемов производства колбасных изделий [2].

Как видно из таблицы 1, на фоне роста объемов производства и потребления мяса и субпродуктов также активно развиваются такие сегменты рынка, как готовые продукты из мяса и кулинарные изделия. Это вполне объяснимо стремительными темпами жизни современного человека, не желающего тратить свое свободное время на приготовление пищи в домашних условиях.

Тем не менее, из опыта зарубежных стран-участников международного рынка мяса видно, что высокий уровень производства мяса неизбежно приводит к росту доли потребления мяса в переработанном виде, а также к дальнейшему снижению объемов производства переработанной мясной продукции [1]. Очевидно, что усиление конкуренции в сегменте охлажденного мяса и полуфабрикатов будет сопровождаться возрастанием требований торговых сетей к качеству упаковки и срокам годности данного вида продукции.

Упаковка имеет исключительное значение для безопасности и качества мяса, т.к. оно представляет собой наиболее проблемный продукт питания. Во-первых, мясо является благоприятной средой для микрофлоры. В нем присутствуют все питательные вещества – белки, жиры, витамины, микроэлементы, которые необходимы для развития подавляющего числа микроорганизмов.

Во-вторых, в мясе содержится значительное количество воды и, напротив, в незначительном количестве – молочная кислота и хлорид натрия,

Таблица 1. Производство основных видов мясной продукции в натуральном выражении в январе-июне 2017–2018 гг.\* (тыс. т, консервы – муб)

Table 1. Production of the main types of meat products in physical terms in January–June, 2017–2018\* (thousand tons; canned food is given in millions of standard cans)

Показатели	Январь–июнь		Изменение, %
	2017 г.	2018 г.	
Мясо и субпродукты (всего), тыс. т	3 704,37	4 019,24	108,5
Мясо и субпродукты пищевые убойных животных, в том числе:	1 382,20	1 585,79	114,7
– говядина и телятина, тыс. т	116,10	132,28	113,9
– свинина, тыс. т	1 090,90	1 255,00	115,0
– баранина, тыс. т	3,02	4,08	135,1
– субпродукты пищевые убойных животных, тыс. т	165,96	189,80	114,4
Мясо и субпродукты пищевые домашней птицы, в том числе:	2 322,17	2 433,45	104,8
– субпродукты птицы пищевые, тыс. т	253,31	259,93	102,6
Изделия колбасные, тыс. т	1 110,91	1 091,77	98,3
Продукты из мяса и мяса птицы, тыс. т	37,98	66,76	175,8
Полуфабрикаты мясные и мясосодержащие, тыс. т	1 516,79	1 571,37	103,6
Изделия кулинарные мясные и мясосодержащие, тыс. т	58,83	69,88	118,8
Консервы мясные и мясосодержащие, муб	290,90	285,44	98,1
Консервы мясорастительные, муб	28,98	29,81	102,9

\* объёмы производства, направленные на реализацию

обладающие бактериостатической способностью. Следовательно, значения таких барьерных факторов, как показатель pH и активность воды, находятся на очень низком уровне и не в состоянии предотвратить и/или затормозить спонтанно развивающиеся процессы микробиологической порчи [3, 4].

Кроме этого, при хранении мяса развиваются ферментативные (в том числе под действием собственных ферментных систем) и окислительные процессы, которые достаточно быстро приводят к целому ряду желательных и нежелательных изменений органолептических характеристик мяса – внешнего вида, цвета на поверхности и внутри куска, запаха и консистенции. Вместе с ними меняется вкус, аромат и консистенция продукта после кулинарной обработки [4, 5].

Ухудшение органолептических показателей упакованного мяса неизбежно приводит к экономическим потерям по причине отказа

потребителей от покупки. В связи с этим упаковка должна, прежде всего, тормозить и/или предотвращать нежелательные изменения и способствовать желательным изменениям мяса и полуфабрикатов [5, 6].

Упаковка способна противостоять проникновению микроорганизмов в поверхностные, а затем и в глубокие слои мяса, задерживать развитие порчи, позволять ферментативным процессам улучшать нежность мяса, приводить к снижению потерь массы в результате высыхания и отделения сока, обеспечивать ярко-красный цвет мяса в розничной торговле за счет образования оксигемоглобина [5].

В наши дни значение упаковочных решений для мяса и полуфабрикатов трудно переоценить, так как сроки годности этой продукции за счет применения полимерной упаковки выросли с 12 часов до 45 суток и более [3]. Тем не менее, развитие полимерной упаковки для мясной продукции активно продолжается.

*Основные виды упаковочных решений на основе полимерных материалов.* В настоящее время в мясной промышленности благодаря развитию индустрии полимеров широко применяются такие упаковочные материалы, как полиэтилен низкой и высокой плотности, полипропилен, полиамид, полиэтилентерефталат, поливинилхлорид, поливинилиденхлорид, полистирол и этилен/винилацетат. Каждый вид материала имеет свои преимущества и недостатки, в том числе в плане маркетинга и потребительских предпочтений, экологических и стоимостных показателей [5]. Для обеспечения безопасности и сохранения потребительских свойств мяса огромное значение имеют такие характеристики упаковочного материала, как газо- и паропроницаемость, а также механическая прочность. По отдельности полимеры, как правило, не обладают всеми нужными свойствами, поэтому сегодня большинство упаковочных пленок для мяса имеют многослойную структуру [5, 7].

Все полимерные материалы в определенной степени проницаемы для газов. Однако большинство применяемых в промышленности упаковочных решений основаны на барьерных свойствах пленки, так как от них во многом зависят сроки годности упакованного мяса. В свою очередь проницаемость материала зависит от множества факторов – от состава и количества слоев полимеров, от их толщины, от температуры и относительной влажности среды, от загрязнения жиром и другими компонентами упакованного продукта. Наиболее широко применяемые в мясной промышленности пленки на основе полиамида и полиэтилена имеют, как правило, паропроницаемость – 2–3 г/м<sup>2</sup>·24 ч и кислородопроницаемость – 25–40 см<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>·24 ч. Максимально высокую барьерность обеспечивают только ламинаты, которые обладают еще и способностью предотвращать обесцвечивание мяса при температуре 4 °С за счет низкой светопроницаемости [5, 8]. Варьирование количества слоев и их толщины позволило также получить

прочные пленочные материалы для упаковывания отрубов и полуфабрикатов, содержащих кость [9].

Для существенного продления сроков годности охлажденного мяса имеют значение два основных вида упаковочных решений:

– вакуумная упаковка;

– упаковка в модифицированную газовую атмосферу (МГА) [5].

*Вакуумная упаковка.* Мясо, упакованное под вакуумом, успешно продается более полувека во многих странах мира, в том числе и в России.

Вакуумная упаковка предусматривает использование пленок с низкой паро- и газопроницаемостью. За счет удаления воздуха вакуумная упаковка защищает продукт от абиотической (например, окисление жира, пигментов) и микробиологической порчи, причиной которой являются аэробные бактерии (псевдомонады, дрожжи, плесени и др.). Однако в бескислородной среде хорошо развиваются факультативно анаэробные молочнокислые бактерии. С одной стороны, их присутствие сдерживает рост анаэробных патогенных микроорганизмов, в том числе вызывающих гниение мяса, а с другой стороны, неизбежно приводит к подкислению (закисанию) продукта. Тем не менее, последний процесс идет гораздо медленнее, чем порча неупакованного мяса [3, 5].

Применение вакуумной упаковки стало разносторонним – ее используют для гигиеничности и ускорения технологических процессов обработки мяса (посол, созревание [10], охлаждение, замораживание [4]), для противомикробной обработки (радиационная [11], под высоким давлением [12]), для защиты мяса от внешних воздействий при транспортировании и реализации, для кулинарной обработки (запекание, доведение до готовности в сочетании с пастеризацией, су-вид [13, 14, 15]).

Длительная практика применения вакуумной упаковки для хранения охлажденного мяса наглядно показала, что в наибольшей степени она подходит для говядины. Этот вид мяса лучше сохраняет потребительские свойства при хранении под вакуумом в отличие от баранины и свинины. Во многих исследованиях срок годности говяжьих отрубов составлял 90 суток и превышал сроки годности других видов мяса на 25 % [3]. Говядина, нарезанная на стейки и хранившаяся в вакуумной упаковке в течение 60 суток, после вскрытия способна сохранять свежий вид и стабильный цвет до 72 часов хранения [5].

Вакуумная упаковка защищает мясо не только от проникновения и роста микроорганизмов, но и позволяет эффективно предотвращать потемнение мяса в торговле, по сравнению с мясом, упакованным в проницаемые пленки [5, 16].

В вакуумной упаковке всегда присутствует остаточное количество воздуха, содержащего кислород, который может принимать участие в ферментативных и окислительных процессах (в «дыхании» продукта) и, тем самым вызывать изменение органолептических характеристик.

Наиболее интенсивно потемнение мяса происходит при концентрации кислорода в газовой среде от 0,15 до 2,00 %. Чтобы предотвратить потемнение мяса, остаточный уровень кислорода в упаковке не должен превышать 0,15 % [16].

Вакуумная упаковка прекрасно подходит для крупных кусков мяса, анатомически выделенных с максимальным сохранением целостности мышц, и для охлажденного мяса с нормальным течением автолиза, имеющим значение pH не ниже 5,6 и не выше 6,0. В сочетании с соблюдением правильного выполнения всех операций по обращению с убойными животными и их первичной переработке, с высоким уровнем гигиены и санитарии на производстве, применением низких температурных режимов, вакуумная упаковка способна обеспечивать длительные сроки годности [3].

Вакуумная упаковка позволяет успешно предотвращать рост обычно присутствующих в мясе нежелательных бактерий, вызывающих порчу и пищевые отравления [3, 17]. В связи с этим вакуумная упаковка нашла применение в качестве средства для длительного (от трех недель и более), так называемого «влажного», созревания мяса. По сравнению с «сухим» созреванием неупакованных говяжьих отрубов, этот способ позволяет получить желаемую нежность мяса в 2 раза быстрее и избежать экономических потерь, связанных с высыханием поверхности отрубов [10].

В качестве достижений вакуумной упаковки сегодня можно назвать такие ее разновидности, как упаковывание в термоусадочные пакеты и скин-упаковку.

Термоусадочные пакеты обычно используются для кусков мяса с неровными краями и/или неправильной формы. Этот способ упаковывания за счет применения тепла и сжатия пленки позволяет достичь не только герметичности, но и компактности упакованного продукта.

Одним из последних изобретений в этом направлении стало создание барьерной многослойной термоусадочной пленки на основе полиамида, полиолефинов и EVOH. Этот материал имеет высокие барьерные свойства, хорошую способность к термосвариванию и большой коэффициент усадки (до 30 %) при температуре 75–95 °С [18]. Для того чтобы полимерный материал обладал высокой эксплуатационной стойкостью и сохранял оптическую прозрачность, применяют специальную технологию изготовления – экструзию с сильным раздувом пленки. Материал подвергают растягиванию в продольном и поперечном направлении, придавая равномерность термоусадочных свойств, повышенные механические и барьерные характеристики [19].

Вакуумная скин-упаковка имеет преимущества во внешнем виде при реализации продукта за счет того, что в процессе упаковывания продукт является матрицей для термоформования. Это позволяет пленке точно соответствовать форме продукта и сохранять ее до момента вскрытия упаковки. Скин-упаковка

создает тесный контакт с продуктом независимо от особенностей его поверхности и позволяет обеспечить целостное представление продукта на витрине. Скин-упаковка предусматривает варианты термоформования не только верхней, но верхней и нижней (полужесткой) пленок [5].

Вакуумная скин-упаковка является более эффективной в отношении контроля роста аэробных психротрофных микроорганизмов, чем упаковка в условиях МГА. Однако следует отметить, что стабильность мяса в скин-упаковке, также как и при других упаковочных решениях, зависит от температуры хранения. Чем ниже температура хранения, тем стабильнее результат хранения, в частности, хорошие результаты были получены при хранении баранины в течение 28 суток при температуре минус 0,5 °С [20].

Скин-упаковка позволила решить проблему темно-пурпурного цвета мяса в вакуумной упаковке в результате образование дезоксимиоглобина (потемнение или покоричневение мяса), а также наличия несвойственного мясу запаха, который обычно наблюдается сразу после вскрытия упаковки. Как известно, эти органолептические особенности вакуум-упакованного мяса до сих пор являются причиной отказа потребителей от покупки. В целях нивелирования этого недостатка был разработан инновационный способ системы двойного упаковывания охлажденного мяса. Способ совмещает преимущества вакуумного упаковывания, применения скин-пленки и кислородной атмосферы и позволяет сохранять красный цвет упакованного мяса в процессе хранения. Продукт размещают на подложке и покрывают кислородопроницаемой скин-пленкой. Вторая пленка (барьерная) располагается на расстоянии не менее 0,25 мкм от внутренней скин-пленки. Между пленками создается минимальный свободный объем, содержащий некоторое количество кислорода (95 %), достаточное для того, чтобы препятствовать изменению цвета упакованного мяса в течение его срока годности [21].

Еще одним решением проблемы цвета и запаха является использование вакуумной упаковки в качестве групповой для проницаемых потребительских упаковок, предназначенных для продажи в торговых сетях. Перед продажей такая упаковка снимается, и в присутствии воздуха мясо приобретает привычные для потребителей органолептические характеристики [5].

С 60-х годов прошлого века вакуумная упаковка стала рассматриваться не только как упаковка для сохранности мяса до момента его кулинарной обработки, но и как средство, предназначенное для проведения кулинарной обработки. Один из таких способов приготовления мяса получил название су-вид (от французского *sous-vide* «под вакуумом»). Данная технология получила широкое распространение во Франции и других странах в виду очевидных преимуществ в сфере общественного питания: гигиеничность (продукт вскрывается только перед непосредственным потреблением)

и сохранение высокой пищевой ценности мяса. В этом направлении в России и за рубежом до сих пор проводится много исследований, направленных на изучение влияния различных температурных и временных параметров тепловой обработки на физико-химические, микробиологические, органолептические показатели получаемых мясных продуктов, в том числе в зависимости от исходного качества сырья [15, 22, 23].

Обработка мяса методом су-вид улучшает его нежность в результате размягчения коллагена и снижения адгезии между волокнами. Однако изучение микрофлоры готового продукта (на примере говяжьих стейков) показало, что даже при трехэтапном режиме нагревания (1 этап – при 39 °С в течение 1 часа, 2 этап – 49 °С в течение 1 часа, 3 этап – при 59 °С в течение 4 часов) мясо должно было быть в соответствующем гигиеническом состоянии, так как при такой обработке значимого снижения количества бактерий, по сравнению с сырыми стейками, не происходило [13].

Исследование микрофлоры и сенсорной приемлемости корейского цыпленка, термообработанного методом су-вид при 63 °С в течение 90, 180 и 270 минут, показало, что более длительное время термообработки при такой температуре приводило к значимо более низкому количеству жизнеспособных клеток [14].

Приготовление мяса вызывает ряд последовательных физико-химических изменений белков, глубина которых сильно зависит от условий тепловой обработки, особенно, от температуры и продолжительности. К таким изменениям относят денатурацию и агрегацию белковых молекул, усадку соединительнотканых волокон и солюбилизацию коллагена, накопление продуктов реакции Майяра и окисление белков, дальнейшие взаимодействия (перегруппировка Амадони) свободных аминокислот с продуктами окисления жиров (альдегидов) и белков (аминов). Приготовление пищи методом су-вид позволяет в значительной мере сохранить пищевое качество белков. Исследование окислительных модификаций белков свинины при различных режимах обработки методом су-вид – при 58 °С в течение 72 мин; при 80, 98 и 160 °С в течение 72 мин; при 118 °С в течение 8 мин (автоклавирование) – показало возрастание содержания маркеров окисления белка с увеличением температуры и времени приготовления свинины. При этом различные мясные белки имели разную степень окислительного повреждения [24].

В качестве разновидности технологии су-вид, можно рассматривать розничную продажу мяса в вакуумных пакетах, предназначенных для запекания в домашних условиях.

Таким образом, вакуумная упаковка прочно вошла в мясную промышленность, предлагая разнообразный выбор способов упаковывания. Однако следует заметить, что в нашей стране максимальный предел ее возможностей еще не достигнут, и вследствие существующего уровня гигиены на предприятиях

предельные сроки годности для говядины составляют лишь 45 суток, для свинины – не более 21 суток [3].

*Упаковка в условиях модифицированной газовой атмосферы (МГА).* Впервые модифицированные газовые среды начали использовать около 90 лет назад для транспортирования продукции на длительные расстояния. Лишь с конца 70-х годов прошлого века упаковка МГА нашла свое применение в сетях розничной торговли.

При использовании МГА из упаковки удаляют воздух и заполняют газом или смесью газов. Для упаковывания мяса наиболее часто используют газовую среду, состоящую из кислорода ( $O_2$ ), углекислого газа ( $CO_2$ ) и азота ( $N_2$ ). Состав газовой смеси, наличие или отсутствие кислорода в упаковке зависит от вида продукта [3, 4, 25].

Кислород взаимодействует с миоглобином и обеспечивает ярко-красный цвет мышечной ткани мяса, а двуокись углерода применяется из-за ее бактериостатического и фунгицидного действия, которое впервые было доказано нашим соотечественником профессором Я. Я. Никитским [3].

Упаковка в условиях МГА, также как и вакуумная, нуждается в применении барьерных материалов с низкой паро- и газопроницаемостью. В упаковках с высокой газопроницаемостью во время хранения может происходить повышенный газообмен. Вследствие более низкого парциального давления газов окружающего воздуха, в котором концентрация кислорода составляет около 21 %, а двуокиси углерода – около 0,03 %, газы из защитной атмосферы стремятся диффундировать наружу. Количество азота в воздухе 78 %, поэтому перепад его парциального давления имеет обратный знак, и азот стремится диффундировать из воздуха внутрь упаковки. В таких условиях заранее запрограммирован неконтролируемый газообмен с окружающей средой, если нет уверенности в достаточной герметичности упаковки [26].

Для реализации упаковки в МГА существует два типа упаковочных машин. В установках первого типа происходит последовательное создание вакуума (удаление воздуха), заполнение газом (газовой смесью) и запечатывание упаковочных пакетов, лотков или полужесткой тары, состоящей из термоформованных полимерных подложек. В установках второго типа сразу происходит вдувание газа (газовой смеси) и запечатывание рукавной пленки [27].

Хранению мясной продукции в условиях МГА посвящено много научных работ, которые свидетельствуют о том, что для мяса наибольший практический интерес представляют газовые смеси с высоким содержанием кислорода. В отношении эффективности подавления патогенных микроорганизмов в мясе, упакованном в МГА с большой концентрацией кислорода, проведено множество научных исследований. Показано, что такой способ упаковывания требует пристального внимания к контролю микробиологических

показателей мяса и к соблюдению температуры его хранения [3, 28, 29].

Отмечено, что эффективным сдерживающим фактором в развитии микроорганизмов при использовании высококислородной среды является введение в нее двуокиси углерода ( $CO_2$ ), способной оказывать бактериостатический эффект в отношении роста аэробных бактерий и плесеней. Причем, чем ниже температура хранения упакованного мяса, тем выше уровень растворимости углекислого газа в мышечной ткани и, соответственно, выше его анти-микробная активность. Изучение влияния разных концентраций  $CO_2$  (МГА 1–50 % и МГА 2–30 %) при упаковывании фарша из свинины продемонстрировало значительное уменьшение роста бактерий *Salmonella spp.* в первые 6 суток хранения, особенно в МГА с более высоким содержанием  $CO_2$  (рисунок 1). Сокращению количества сальмонелл способствовало специфическое действие углекислого газа на цитоплазму клетки (подкисление на внутриклеточном уровне), снижение клеточного метаболизма и замедление скорости микробного роста [30].

Работы в направлении определения оптимального соотношения кислорода и углекислого газа для упаковывания разных видов и анатомических частей мяса при различных температурах хранения активно продолжаются [31, 32, 33].

Вместе с этим ведется поиск решений по оптимизации (как правило, уменьшению) объема свободного пространства внутри упаковки и по сокращению количества газовой смеси. Так, например, при хранении говяжьих стейков, упакованных в МГА с  $O_2$  (70 %, 55 %, 40 %),  $CO_2$  (30 %) и  $N_2$  в традиционную упаковку (с обычным свободным пространством) и меньшим свободным пространством (60 % от традиционной), было показано, что при максимальной концентрации кислорода в обычной упаковке образцы обесцвечивались довольно быстро.

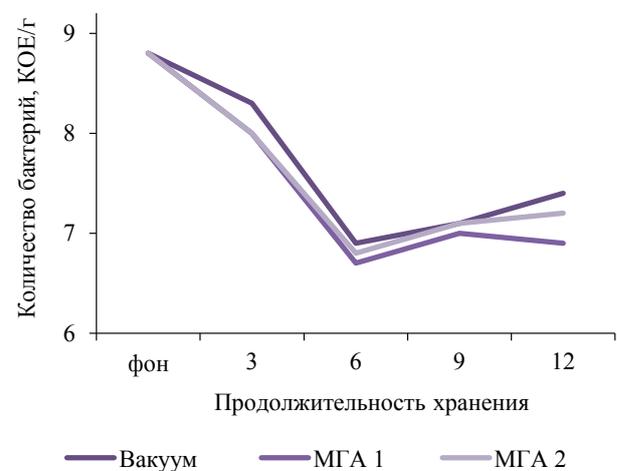


Рисунок 1. Изменение количества бактерий *Salmonella spp.* в фарше в процессе хранения при температуре 3 °С, (согласно результатам, изложенным [30])

Figure 1. The change in the number of *Salmonella spp.* bacteria in ground meat during storage at 3 °C, (according to [30])

Сокращение свободного пространства в упаковках с концентрацией  $O_2$ , равной 70 % и 55 %, оказалось более эффективным для сохранения качества мяса в течение 14 дней, чем обычная упаковка с теми же концентрациями  $O_2$  [34].

Стабильность цвета охлажденной говядины, упакованной в условиях МГА, как и в случае с неупакованным мясом, зависит от величины рН. Одним из преимуществ МГА с высоким содержанием кислорода (80 %  $O_2$ ) является возможность сохранить стабильную ярко-красную окраску говяжьих стейков на протяжении 10 дней даже при использовании говядины со значениями рН выше 6,2. Причем к концу срока хранения было зафиксировано возрастание интенсивности цвета мышечной ткани [35].

Некоторые исследователи обращают внимание на нежелательные изменения мяса в период его хранения в условиях МГА при разном содержании  $O_2$  в упаковке (0 %, 20 %, 50 % и 80 %). При температуре хранения 4 °С в течение 7 дней в свиных стейках исследовали окисление липидов, белков, гистологические изменения и потери сока. Было показано, что увеличение концентрации кислорода провоцировало более высокие потери сока, способствовало более интенсивному накоплению вторичных продуктов распада жиров и карбонильных соединений, а также сокращению размеров саркомеров мышечных волокон [36]. Окисление посоленного мяса в МГА с высоким содержанием кислорода идет еще более интенсивно, чем несоленого мяса. В то же время посол позволяет улучшить влагоудерживающую способность мясных полуфабрикатов и обеспечить их сочность в готовом виде [37].

На примере баранины, хранившейся в МГА, было показано, что высокое содержание кислорода в упаковке может приводить к нежелательному образованию высокомолекулярных белковых комплексов вследствие окисления и агрегации (полимеризации) белков. В свою очередь, эти преобразования негативно отражались на нежности мяса [25].

Бескислородные газовые среды хоть и позволяют исключить проблему окисления жиров и белков, но применяются редко в виду того, что они фиксируют состояние миоглобина в мясе и не приводят к улучшению его цветовых характеристик. Такие среды обычно используют для переработанной продукции или для мяса птицы, не имеющего в своем составе значительного количества миоглобина [38].

В последние годы большое количество зарубежных исследований было посвящено применению монооксида углерода ( $CO$ , угарный газ) в качестве альтернативы МГА с высоким содержанием кислорода и для более эффективного подавления микроорганизмов при упаковывании мяса. Было установлено, что присутствие  $CO$  в упаковке (0.4 %  $CO$ , 30 %  $CO_2$ , 69.6 %  $N_2$ ) способствует улучшению цвета говядины. Такое улучшение аналогично улучшению цвета мяса с кислородсодержащей МГА (80 %  $O_2$ , 20 %  $CO_2$ ). Было отмечено, что максимальные значения красноты ( $a^*$ ) в упаковках,

содержащих  $CO$ , наблюдались к 20 суткам хранения, тогда как в кислородсодержащей среде – к 8 суткам, затем показатель красноты снижился [39].

Также были получены хорошие результаты по цветовым характеристикам мяса (перед упаковкой его в вакуум) при использовании предварительной выдержки говяжьих стейков в течение 5 ч в МГА, содержащей 5 %  $CO$ , 60 %  $CO_2$  и 35 %  $N_2$ . Такая обработка дала значимый эффект по улучшению цвета мяса при последующем его хранении под вакуумом в течение 28 дней и не повлияла отрицательно на микробиологическую безопасность говяжьих стейков [40]. Однако следует отметить, что в настоящее время монооксид углерода не имеет статуса газа, официально разрешенного для использования при упаковывании и хранении продукции.

Таким образом, упаковка в условиях МГА, хоть и является технически более сложной, однако в сегменте упакованного мяса и полуфабрикатов она прочно заняла свое место, обеспечивая сроки годности 20–28 суток. Критичным фактором для МГА, как и для вакуумной упаковки, является температура хранения мяса. Для обеспечения стабильного цвета она должна быть не выше 2 °С [3].

Активные исследования ученых в отношении применения вакуума и МГА при упаковывании мяса и полуфабрикатов позволяют получать всю необходимую информацию в помощь предприятиям мясной промышленности при выборе способов сохранения продукции без потери качества. Безусловно, решение о применении того или иного способа упаковывания устанавливается не только из соображений получения максимально длительных сроков годности. Решающее значение также имеет идея представления продукта потребителю, способная стимулировать его на принятие решения о покупке. Так, вакуумная технология не подходит для упаковывания рубленых и формованных полуфабрикатов, например фарша или котлет, поскольку продукт теряет презентабельный внешний вид из-за деформации структуры. При вакуумном упаковывании мяса и кусковых полуфабрикатов существует повышенная вероятность отделения влаги, отрицательно влияющая на выбор потребителя. Эти и другие причины побуждают производителей широко применять наряду с вакуумной технологией упаковку в МГА. В целом, каждый из перечисленных способов в сочетании с высокой гигиеной производства имеет широкие возможности и при правильном выборе прекрасно служит в достижении конкретно поставленной цели производителя.

*Перспективы развития упаковки на основе двух основных видов упаковочных решений.* Полимерная упаковка еще не показала максимальных результатов по сокращению потерь и увеличению сроков годности, которые она могла бы достичь в сочетании с технологиями, обеспечивающими высокий санитарно-гигиенический уровень мяса перед упаковкой, и с возможностями, которые может дать строгое соблюдение непрерывной холодильной цепи.

Тем не менее, разработки, направленные на развитие самих упаковочных решений, не стоят на месте и сегодня можно выделить новые перспективные направления в этой области, а именно:

– получение новых пленочных материалов с антимикробными и антиокислительными свойствами;

– введение в упаковку новых элементов, обеспечивающих ей дополнительные функции по контролю различных параметров, связанных с обеспечением прослеживаемости, безопасности и качества упакованного продукта.

Эти два направления получили названия «активная» и «умная» («интеллектуальная») упаковка и довольно быстро находят свое применение в пищевой промышленности.

**Активная упаковка.** Основной прорыв делается в направлении создания пленок с антимикробными и антиокислительными свойствами. Одновременно ведутся исследования в области контроля выделения и поглощения влаги, высвобождения ароматов, использования поглотителей и выделителей газов, которые могут быть встроены непосредственно в пленку или помещены в упаковку в виде саше (пакетиков). В состав полимерных пленок успешно вводятся различные вещества, обеспечивающие антимикробный и/или антиокислительный эффект. Пленочные материалы позволяют обеспечить контролируемую доставку активных веществ в продукт и, тем самым, увеличить его срок хранения. Соответственно, эти вещества должны быть разрешены для использования при производстве пищевых продуктов [41, 42].

В качестве наиболее эффективных способов получения антимикробных пленок в научнотехнической литературе рассматривается использование наночастиц серебра (Ag-NP), которые успешно показали в испытаниях на различных видах полимерных пленок и упакованных продуктов (в том числе, на мясе), проявив антимикробные, противогрибковые и даже противовирусные свойства. Применение Ag-NP в пищевых продуктах уже регулируется законодательством ЕС и США по гигиеническим нормативам миграции Ag<sup>+</sup> в упакованную продукцию. Пленки с наночастицами серебра в исследованиях на мясе птицы и свинине показали высокую эффективность в отношении контроля роста *Salmonella spp*, *L. monocytogenes*, *E. coli*, *S.aureus*, *Pseudomonas spp*. Отмечено, что применение таких пленок позволяет контролировать спонтанное развитие нежелательной микрофлоры в случаях порчи адсорбирующих салфеток [43].

В некоторых случаях использование физических (разогрев в микроволновой печи) или иных воздействий на пленку может привести к увеличению миграции активных веществ в продукт [43].

Пленочные материалы, активно поражающие микроорганизмы, уже не фантазия ученых, а существующая реальность. Российскими учеными создана технология полимеров на базе полиэтиленimina, активно действующего против

грамположительных и грамотрицательных бактерий. В нашей стране пока такие разработки востребованы, главным образом, в медицине. В качестве активных веществ в них выступают бактерицидные компоненты типа мирамистина или хлоргексидина. Однако вскоре подобные материалы могут найти более широкое применение [44].

В последние годы зарубежные ученые, работая над повышением механической прочности полимерных упаковочных материалов, обнаружили, что она может быть улучшена за счет включения углеродных нанотрубок. Одновременно оказалось, что они проявляют антимикробные свойства. Углеродные нанотрубки приводили к повреждению клеток *E. coli* путем прокалывания клеточных мембран, что вызывало гибель микробных клеток [42].

В зарубежных исследованиях последних лет уделяется большое внимание созданию полимерных пленок с антиокислительными свойствами. В качестве антиокислителей были использованы и хорошо себя показали вводимые в состав пленок эфирные масла и экстракты пряно-ароматических растений (розмарин, орегано, корица и др.), экстракты черного и зеленого чая, полифенолы чая, лимонная кислота, эвгенол и пр. [41, 45].

Упаковочный материал с антиокислительными свойствами был разработан и применен для свежего свиного фарша. Материал состоял из многослойной полиэтиленовой пленки, в которой был иммобилизован экстракт из оливковых листьев в концентрации от 2 % до 15 %. Упакованный фарш хранили при температуре 4 °С в течение 16 дней. Использование активной пленки позволило стабилизировать цвет, снизить накопление продуктов окислительной порчи жиров и продлить срок хранения фарша на 2 дня [46].

Одним из достижений российских ученых в области активной упаковки стала разработка многослойного материала с введением в полимер «активного комплекса», обладающего антимикробным, антиокислительным и стабилизирующим действием. Антимикробная добавка (АМД) представляет смесь органических кислот и солей, а также дигидрохверцетина (ДКВ), который известен отличными антиокислительными свойствами. При таком соотношении (АМД + ДКВ) наблюдается повышение антимикробной активности по отношению ко многим микроорганизмам. Применение многослойного материала при упаковке в условиях МГА или под вакуумом существенно повышает безопасность продукта [47].

На предприятиях мясной промышленности в качестве активной упаковки широко применяются специальные салфетки, пропитанные антимикробным составом и размещающиеся в упаковке с МГА. Материал способен адсорбировать выделившийся мясной сок и противостоять развитию микроорганизмов в нем, тем самым повышая устойчивость к микробиологической порчи кусковых полуфабрикатов [4].

Успешность исследований в области создания и применения активной антимикробной и антиокислительной упаковки позволяет предположить, что в ближайшее время такая упаковка будет повсеместно применяться для мяса и полуфабрикатов. Применение в качестве активных веществ пищевых консервантов и антиокислителей позволит, с одной стороны, не вводить их в состав продукта, а, с другой стороны, не следует ожидать, что пленки с их использованием будут способны решить гигиенические проблемы производства.

*Умная или Интеллектуальная упаковка.* Основная цель умной или интеллектуальной упаковки – повысить доверие потребителей к ее содержимому. Но она, безусловно, интересна для всех участников оборота пищевой продукции. Интеллектуальная упаковка умеет наблюдать и записывать изменения внутренней и внешней среды. Она включает:

- штрих-коды и метки радиочастотной идентификации;
- различные индикаторы, в том числе временных изменений температуры, влажности, целостности или герметичности упаковки, наличия газа, свежести и зрелости продукта, токсинов;
- датчики (биосенсоры, биозонды, датчики кислорода на основе флуоресценции).

Сегодня радиочастотная идентификация уже дает неоспоримые преимущества в области контроля перемещения и отслеживания товара. Использование беспроводной техники для передачи данных между считывателем и радиолокатором представляет значительное преимущество по сравнению с другими прямыми идентификаторами такими, как система штрих-кода. Также уже не являются новшествами технические средства, позволяющие регистрировать и передавать полную информацию о «жизни» продукта, в частности, время и температуру. В широкое применение прочно входят и различные биосенсоры, принцип работы которых основан на использовании реакций полимеризации, ферментативной активности, электропроводности, диффузии или плавления [48].

В целях защиты потребителей от опасных продуктов разработаны колориметрические индикаторы микробиологической порчи. Они основаны на том, что микрофлора, вызывающая порчу, развивается с выделением углекислого газа, а специальные индикаторы, расположенные в полимерной матрице на этикетке, определяют присутствие или изменение концентрации  $\text{CO}_2$  в упаковке. При повышении концентрации  $\text{CO}_2$  колориметрические индикаторы меняют цвет, сигнализируя об изменении потребительских свойств продукта [49].

В Японии разработана инновационная маркировка («Label Fresh»), которая позволяет контролировать срок годности мясных продуктов с помощью изменения ее цвета. Этикетка содержит специальные чернила, которые реагируют на аммиак, выделяемый мясом в результате распада белков (чем больше срок годности, тем менее свежее мясо и тем больше аммиака выделяется из него).

Нижняя часть этикетки меняет свой цвет с белого до темно-синего, сигнализируя покупателю о свежести продукта. Когда истекает срок годности мяса, чернила настолько сильно закрашивают штрих-код, что полностью блокируют возможность пробить недоброкачественный товар на кассе [50].

В Канаде разработали особую наклейку, которая поможет определить свежесть покупаемого мяса. В эту наклейку вживлен индикатор, который реагирует на микробы особым свечением [51].

Умная упаковка может быть оснащена системой подогревания или охлаждения. В режиме подогревания нагрев происходит в результате экзотермической реакции с участием оксида кальция или магния. Основным недостатком такой системы подогревания является то, что основная часть пространства для упаковки занята нагревательным устройством. Самоохлаждающаяся упаковка, испаряя внешние компоненты, например, воду, и, затем, абсорбируя их на поверхности, отводит тепло из упаковки [42].

В ближайшем будущем за счет применения нанотехнологий ожидается широкое применение наносенсоров в упаковках для идентификации химических веществ, бактерий, вирусов, аллергенов, патогенов и токсинов в продуктах питания. В настоящее время уже разработаны сенсоры для обнаружения *E. coli* 0157: H7, *Salmonella* spp., *Listeria monocytogenes*, *Bacillus cereus*, энтеротоксинов и белков-аллергенов. Ведутся разработки биосенсоров (ДНК-биочипов), способных различать запахи и вкус [46].

В будущем ожидается разработка полимерных материалов, чувствительных к стимулам. Предполагается, что такие материалы будут иметь функции, способные адекватно оценивать внешнюю и внутреннюю среду упаковки и регулировать качество продукта высвобождением определенных молекул в ответ на внешние раздражители. Для обеспечения биологической и/или химической функции будут разработаны молекулярные наноструктуры, позволяющие выпускать активные вещества только тогда, когда этого требует сама система. Эти наноструктуры будут адаптированы на изменение химического состава, величины pH, температуры и других параметров. Другими словами, упаковка сама сможет не только определять окончание срока годности продукта, но и управлять им [46].

### **Выводы**

Идея умной или интеллектуальной упаковки родилась в результате сбоев и проблем, регулярно возникающих в обороте пищевой продукции, в особенности, охлажденной, скоропортящейся и транспортируемой на большие расстояния.

Сегодня можно с уверенностью утверждать, что технологи имеют разнообразный выбор упаковочных материалов и систем, позволяющих обеспечить эффективный выбор конкретных упаковочных решений. Но лишь забота о выборе упаковки, к сожалению, не позволяет достичь значительных сроков годности скоропортящихся продуктов. Среди

них мясо является, очевидно, наиболее проблемным.

Для повышения безопасности и качества мяса, а также для удобства торговли, наряду с традиционной упаковкой под вакуумом и в условиях МГА, будет широко использоваться активная и интеллектуальная упаковка, которая предлагает новые большие возможности. Вместе с тем, следует учитывать, что активная и интеллектуальная упаковка требует решения многих вопросов ее безопасности, связанных с оценкой возможной миграции активных веществ в продукт. Эта проблема, в свою очередь, будет тесным образом связана с потребностью общества в разработке новых аналитических методов исследования. Кроме этого, наличие активной или умной упаковки не должно подменять традиционные методы производственного контроля, приемосдаточных испытаний, оценки безопасности и качества пищевой продукции.

#### **Конфликт интересов**

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### **Благодарности**

Авторы выражают глубокую признательность кандидату экономических наук Небурчиловой Нине Федоровне за помощь при подготовке статистико-экономических данных, приведенных в данной статье.

#### **Финансирование**

Сбор и анализ материалов, а также подготовка статьи к публикации осуществлялись в рамках выполнения плана научно-исследовательских работ Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр пищевых систем им. В. М. Горбатова» РАН.

#### **Список литературы**

1. Тенденции развития мясной отрасли АПК РФ / А. Б. Лисицын, Н. А. Горбунова, Н. Ф. Небурчилова [и др.] // Все о мясе. – 2016. – № 1. – С. 3–9.
2. Небурчилова, Н. Ф. Состояние рынка мяса и мясных продуктов в I полугодии 2018 года / Н. Ф. Небурчилова, Д. Н. Осянин, И. В. Петрунина // Рынок мяса и мясных продуктов. – 2018. – № 7. – С. 2–17.
3. Костенко, Ю. Г. Руководство по санитарно-гигиеническим основам и предупреждению рисков при производстве и хранении мясной продукции / Ю. Г. Костенко. – М.: Техносфера, 2015. – 640 с.
4. Стрингер, М. Охлажденные и замороженные продукты / М. Стрингер, К. Деннис : пер. с англ. под науч. ред. Н. А. Уваровой. – СПб.: Профессия, 2004. – 496 с.
5. Šćetar, M. Trends in meat and meat products packaging – a review / M. Šćetar, M. Kurek, K. Galić // Croatian Journal of Food Science and Technology. – 2010. – Vol. 2, № 1. – P. 32–48.
6. Ревуцкая Н. М. Упаковка полуфабрикатов: ключевые факторы, определяющие стабильность качества / Н. М. Ревуцкая, В. В. Насонова, Е. В. Милеенкова // Все о мясе. – 2018. – № 3. – С. 20–23. DOI: <https://doi.org/10.21323/2071-2499-2018-3-20-23>.
7. Влияние структуры многослойной пленки на барьерные свойства полимерного пленочного материала / А. И. Загидуллин, Р. М. Гарипов, А. И. Хасанов [и др.] // Вестник Казанского технологического университета. – 2014. – Т. 17, № 21. – С. 151–153.
8. Коулз, Р. Упаковка пищевых продуктов / Р. Коулз, Д. МакДауэлл, М. Дж. Кирван: пер. с англ. под науч. ред. Л. Г. Махотиной. – СПб.: Профессия, 2008. – 416 с.
9. Пат. 2275032 Российская Федерация, А 22 С 13/00. Пленка, используемая в качестве упаковки и оболочки для мяса или мяса с костями, и пакет, изготовленный из нее / Грунд Х., Ланг Х., Шауер Х.; заявитель и патентообладатель Натурин ГмбХ энд Ко. – № 2003125652/13; заявл. 01.02.2001; опубл. 27.04.2006, Бюл. № 12. – 7 с.
10. Формирование качества говядины в процессе длительного созревания / А. Б. Лисицын, А. А. Семенова, И. В. Козырев [и др.] // Все о мясе. – 2017. – № 5. – С. 5–10.
11. Komolprasert V. Packaging food for radiation processing / V. Komolprasert // Radiation Physics and Chemistry. – 2016. – Vol. 129. – P. 35–38. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2016.07.023>.
12. Bolumar, T. Antioxidant active packaging for chicken meat processed by high pressure treatment / T. Bolumar, M. L. Andersen, V. Orlien // Food Chemistry. – 2011. – Vol. 129. – P. 1406–1412. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.05.082>.
13. Effects on beef microflora of a three-step sous-vide method / H. Wang, M. Badoni, S. Zawadski [et al.] // 63 International Congress of Meat Science and Technology. – Cork, Ireland, 2017. – 484 p.
14. Sensory acceptance of chuncheon dakgalbi processed by sous-vide method and its quality changes during storage / H. Jeong, K. H. Baek, D. T. Utama [et al.] // 63 International Congress of Meat Science and Technology. – Cork, Ireland, 2017.
15. Фофанова, Т. С. Технология су-вид некоторые аспекты качества и микробиологической безопасности / Т. С. Фофанова // Теория и практика переработки мяса. – 2018. – Т. 3, № 1. – С. 59–68. DOI: <https://doi.org/10.21323/2414-438X-2018-3-1-59-68>.
16. Mancini, R. A. Current research in meat color / R. A. Mancini, M. C. Hunt // Meat Science. – 2005. – Vol. 71, № 1. – P. 100–121. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.03.003>.
17. Effect of microbial contamination conditions of slaughtering and splitting process on microbial diversity of chilled vacuum-packaged beef during storage / R. Liang, L. Zhu, Y. Mao, [et al.] // 62 International Congress of Meat Science and Technology. – Bangkok, Thailand, 2016.

18. Пат. 2619787 Российская Федерация, В65D71/08, В65D65/38, В32В27/34, В32В27/36, В32В27/30. Многослойная термоусадочная пленка / Итон Т., Сэкия Ю., Тобита Х.; патентообладатель Куреха корпорейшн. – № 2015145546; заявл. 28.04.2014; опубл. 18.05.2017, Бюл. №13. – 24 с.
19. Пат. 2134276 Российская Федерация, С08J5/18, В32В27/08, В32В7/12. Двухосно вытянутая ориентированная термоусаживающаяся многослойная пленка / Висик С. Д.; заявитель и патентообладатель Вискейз Корпорейшн. – № 95105791/04; заявл. 08.04.1994; опубл. 10.08.1999. – 26 с.
20. Effect of temperature and packaging conditions on microbial growth in lamb / M. Bellés, V. Alonso, A. Andreu [et al.] // 61 International Congress of Meat Science and Technology. – Clermont-Ferrand, France, 2015.
21. Пат. 2397120 Российская Федерация, В65В7/16, В65В25/06, В65В31/02, В65В9/04. Способ упаковывания свежих мясных продуктов, полученная этим способом упаковка для свежих мясных продуктов и пригодная для нее двойная упаковочная пленка / Роведа К., Капитани С.; патентообладатель Крайовак, Инк. – № 2007134569/11; заявл. 08.02.2006; опубл. 20.08.2010, Бюл. №23. – 18 с.
22. Soncu, E. D. Microbiological, physicochemical and sensorial characteristics of sous-vide “doner” / E. D. Soncu, G. Haskaraca, N. Kolsarici // 63 International Congress Of Meat Science and Technology. – Cork, Ireland, 2017.
23. Чернуха, И. М. Влияние LT-LT тепловой обработки на технологические характеристики и потребительские свойства вареных продуктов из NOR- и PSE-свинины / И. М. Чернуха, О. А. Ковалева, М. В. Радченко // Известия ВУЗов. Пищевая технология. – 2015. – Т. 344–345, № 2–3. – С. 30–33.
24. Pork proteins oxidative modifications under the influence of varied time-temperature thermal treatments: A chemical and redox proteomics assessment / B. Mitra, R. Lametsch, T. Akcan [et al.] // Meat Science. – 2018. – Vol. 140. – P. 134–144. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.03.011>.
25. Kim, Y. H. B. High-oxygen modified atmosphere packaging induced protein polymerization of myosin heavy chain and decreased tenderness of ovine *M. longissimus* during retail display / Y. H. B. Kim, S. Bødker, K. Rosenvold // 57 International Congress of Meat Science and Technology. – Ghent-Belgium, 2011.
26. Lautenschlager, R. / Modified atmosphere packaging requires significant optimization / R. Lautenschlager, V.-D. Muller // Fleischwirtschaft. – 2006. – № 8. – P. 41–45.
27. Pat. 9955703 United States, В65В7/00, А23В4/16, А23L3/3445, В65В25/06, В65В31/02. Method and system for processing meat products in a modified atmosphere / Johnson J. E., Montes J. L., Adams B. Ch.; assignee JBS USA, LLC. – №14/089,013; filed 25.11.2013; publ. 28.05.2015. – 14 p.
28. The effects of modified atmosphere gas composition on microbiological criteria, color and oxidation values of minced beef meat / O. K. Esmer, R. Irkin, N. Degirmencioglu [et al.] // Meat Science. – 2011. – Vol. 88, № 2. – P. 221–226. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.12.021>.
29. The effect of packaging on consumer eating quality of beef / R. J. Polkinghorne, J. Philpott, J. Perovic [et al.] // Meat Science. – 2018. – Vol. 142. – P. 59–64. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.04.002>.
30. Survival of *Salmonella spp.* in minced meat packaged under vacuum and modified atmosphere / J. Djordjević, M. Bošković, M. Starčević [et al.] // Brazilian Journal of Microbiology. – 2018. – Vol. 49, № 3. – P. 607–613. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bjm.2017.09.009>.
31. Łopacka, J. Effect of reduction of oxygen concentration in modified atmosphere packaging on bovine *M. longissimus lumborum* and *M. gluteus medius* quality traits / J. Łopacka, A. Półtorak, A. Wierzbička // Meat Science. – 2017. – Vol. 124. – P. 1–8. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.10.004>.
32. Zouaghi, F. Study of modified atmosphere packaging on the quality of ozonated freeze-dried chicken meat / F. Zouaghi, M. J. Cantalejo // Meat Science. – 2016. – Vol. 119. – P. 123–131. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.04.032>.
33. Evaluation and predictive modeling of shelf life of minced beef stored in high-oxygen modified atmosphere packaging at different temperatures / S. Limbo, L. Torri, N. Sinelli [et al.] // Meat Science. – 2010. – Vol. 84, № 1. – P. 129–136. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.08.035>.
34. Legrand, I. Qualities of beef packaged in high-oxygen modified atmosphere using various gas compositions and heaspaces / I. Legrand, R. Bezault // 62 International Congress of Meat Science and Technology. – Bangkok, Thailand, 2016.
35. Effects of ultimate pH and high-oxygen modified atmosphere package on color stability of *Longissimus lumborum* from Nellore bulls / C. C. S. Ribeiro, C. J. Contreras-Castillo, A. C. Venturini [et al.] // 62 International Congress of Meat Science and Technology. – Bangkok, Thailand, 2016.
36. Effects of oxygen concentration in modified atmosphere packaging on water holding capacity of pork steaks / C. Wang, H. Wang, X. Li [et al.] // Meat Science. – 2018. – Vol. 148. – P. 189–197. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.10.001>.
37. Tørngren, M. A. Retail packaging of pre-salted beef patties stored in high or nonoxygen atmosphere // M. A. Tørngren, S. Jongberg // 56 International Congress of Meat Science and Technology. – Jeju, Korea, 2010.
38. Belcher, J. N. Industrial packaging developments for the global meat market / J. N. Belcher // Meat Science. – 2006. – Vol. 74, № 1. – P. 143–148. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.04.031>.
39. Carbon monoxide packaging shows the same color improvement for dark-cutting beef as high oxygen packaging / Y. Zhang, L. Qin, Y. Mao [et al.] // 63 International Congress of Meat Science and Technology. – Cork, Ireland, 2017.
40. The effect of carbon monoxide pre-treatments on the color stability of vacuum packaged beef steaks / L. A. Van Rooyen, P. Allen, S. M. Crawley [et al.] // 61 International Congress of Meat Science and Technology. – Clermont-Ferrand, France, 2015.
41. A comprehensive review on the application of active packaging technologies to muscle foods / A. Ishfaq, L. Hong, Z. Long [et al.] // Food Control. – 2017. – Vol. 82. – P. 163–178. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2017.06.009>.

42. Novel food packaging technologies: Innovations and future prospective / I. Majid, G. Ahmad Nayik, S. Mohammad Dar [et al.] // *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*. – 2018. – Vol. 17, № 4. – P. 454–462. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2016.11.003>.
43. Silver nanoparticles in polymeric matrices for fresh food packaging / M. Carbone, D. T. Donia, G. Sabbatella [et al.] // *Journal of King Saud University – Science*. – 2016. – Vol. 28, № 4. – P. 273–279. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2016.05.004>.
44. Simple and versatile method for creation of non-leaching antimicrobial surfaces based on cross-linked alkylated polyethyleneimine derivatives / A. V. Nuzhdina, A. S. Morozov, M. N. Kopitsyna [et al.] // *Materials Science and Engineering C*. – 2017. – Vol. 70. – P. 788–795. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.msec.2016.09.033>.
45. Active packaging films with natural antioxidants to be used in meat industry: A review / R. Domínguez, F. J. Barba, B. Gómez [et al.] // *Food Research International*. – 2018. – Vol. 113. – P. 93–101. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.06.073>.
46. Antioxidant effect of an innovative active plastic film containing olive leaves extract on fresh pork meat and its evaluation by Raman spectroscopy / M. Moudache, C. Nerin, M. Colon [et al.] // *Food Chemistry*. – 2017. – Vol. 229. – P. 98–103. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.02.023>.
47. Снежко, А. Г. Инновационные решения для упаковки мясных продуктов / А. Г. Снежко, П. А. Страхова, В. Б. Узденицкий // *Мясные технологии*. – 2016. – Т. 157, № 1. – С. 42–45.
48. Smart packaging – «умная» упаковка [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.newchemistry.ru/letter.php?n\\_id=654](http://www.newchemistry.ru/letter.php?n_id=654). – Дата доступа: 18.07.2018.
49. Saliu, F. Carbon dioxide colorimetric indicators for food packaging application: Applicability of anthocyanin and polylysine mixtures / F. Saliu, R. D. Pergola // *Sensors and Actuators B: Chemical*. – 2018. – Vol. 258. – P. 1117–1124. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.snb.2017.12.007>.
50. В Японии для определения свежести мяса используют этикетки, которые не дают обмануть покупателя [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://beliypisok.ru/threads/v-japonii-dlja-opredelenija-svezhesti-mjasa-ispolzujut-ehetiketki-kotorye-ne-dajut-obmanut-pokupatelja.1268/>. – Дата доступа: 22.06.2018.
51. Ученые создали специальные наклейки, оповещающие о свежести мяса [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://faktom.ru/23880\\_uchenye\\_sozdali\\_specialnye\\_naklejki\\_opoveshhayushhie\\_o\\_svezhesti\\_myasa\\_wilson2034](https://faktom.ru/23880_uchenye_sozdali_specialnye_naklejki_opoveshhayushhie_o_svezhesti_myasa_wilson2034). – Дата доступа: 22.06.2018.

## References

1. Lisitsyn A.B., Gorbunova N.A., Neburchilova N.F., and Petrunina I.V. Trends in development of meat branch of the agro-industrial complex of the Russian Federation. *All about the meat*, 2016, no. 1, pp. 3–9. (In Russ.).
2. Neburchilova N.F., Osjanin D.N., and Petrunina I.V. Sostoyanie rynka myasa i myasnykh produktov v I polugodii 2018 goda [The state of the meat and meat products market in the first half of 2018]. *Rynok myasa i myasnykh produktov* [Market of meat and meat products], 2018, no. 7, pp. 2–17. (In Russ.).
3. Kostenko Yu.G. *Rukovodstvo po sanitarno-gigienicheskim osnovam i preduprezhdeniyu riskov pri proizvodstve i khraneni myasnoy produktsii* [Guidelines for sanitary and hygienic basics and risk prevention in the production and storage of meat products]. Moscow: Technosphere Publ., 2015. 640 p. (In Russ.).
4. Stringer M. and Dennis K. *Chilled Foods: A Comprehensive Guide*. Elsevier, Woodhead Publ., 2000. 480 p. (Russ. ed.: Uvarova N.A. *Okhlazhennyye i zamorozhennyye produkty*. St. Petersburg: Professiya Publ., 2004. 496 p.)
5. Ščetar M., Kurek M., and Galić K. Trends in meat and meat products packaging – a review. *Croatian Journal of Food Science and Technology*, 2010, vol. 2, no. 1, pp. 32–48.
6. Revutskaya N.M., Nasonova V.V., and Mileenkova E.V. Packaging of semi-finished products: key factors determining the stability of quality. *All about the meat*, 2018, no. 3, pp. 20–23. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21323/2071-2499-2018-3-20-23>.
7. Zagidullin A.I., Garipov R.M., Hasanov A.I., and Efremova A.A. Vliyanie struktury mnogosloynnoy plenki na bar'ernyye svoystva polimernogo plenochnogo materiala [The influence of the structure of multilayer film on the barrier properties of polymer film material]. *Herald of Kazan Technological University*, 2014, vol. 17, no. 21, pp. 151–153. (In Russ.).
8. Coles R., McDowell D., and Kirwan M.J. *Food Packaging Technology*. Blackwell Publ., 2003. 346 p. (Russ. ed.: Makhotina L.G. *Upakovka pishchevykh produktov*. St. Petersburg: Professiya Publ., 2008. 416 p.)
9. Grund H., Lang H., and Schauer H. *Plenka, ispol'zuemaya v kachestve upakovki i obolochki dlya myasa ili myasa s kostyami, i paket, izgotovlennyy iz nee* [Film used as a package and cover for meat or meat with bones, and a bag made from it]. Patent RF, no. 2275032, 2006.
10. Lisitsyn A.B., Semenova A.A., Kozyrev I.V., Mittel'shteyn T.M., and Sinichkina A.I. Forming the beef quality during aging. *All about the meat*, 2017, no. 5, pp. 5–10. (In Russ.).
11. Komolprasert V. Packaging food for radiation processing. *Radiation Physics and Chemistry*, 2016, vol. 129, pp. 35–38. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2016.07.023>.
12. Bolumar T., Andersen M.L., Orlie V. Antioxidant active packaging for chicken meat processed by high pressure treatment. *Food Chemistry*, 2011, vol. 129, pp. 1406–1412. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.05.082>.
13. Wang H., Badoni M., Zawadski S., et al. Effects on beef microflora of a three-step sous-vide method. *63 International Congress of Meat Science and Technology*, Cork, Ireland, 2017, pp. 484.
14. Jeong H., Baek K.H., Utama D.T., Kim J.T., and Lee S.K. Sensory acceptance of chuncheon dakgalbi processed by sous-vide method and its quality changes during storage. *63 International Congress of Meat Science and Technology*, Cork, Ireland, 2017.

15. Fofanova T.S. Sous vide technology – several aspects of quality and microbiological safety. *Theory and practice of meat processing*, 2018, vol. 3, no. 1, pp. 59–68. DOI: <https://doi.org/10.21323/2414-438X-2018-3-1-59-68>.
16. Mancini R.A. and Hunt M.C. Current research in meat color. *Meat Science*, 2005, vol. 71, no. 1, pp. 100–121. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.03.003>.
17. Liang R., Zhu L., Mao Y., et al. Effect of microbial contamination conditions of slaughtering and splitting process on microbial diversity of chilled vacuum-packaged beef during storage. *62 International Congress of Meat Science and Technology*, Bangkok, Thailand, 2016.
18. Eaton T., Secia U., and Tobita H. *Mnogosloynaya termousadochnaya plenka* [Multi-layer heat-shrink wrap film]. Patent RF, no. 2619787, 2017.
19. Visik S.D. *Dvukhosno vytyanutaya orientirovannaya termouszhivayushchayasya mnogosloynaya plenka* [Biaxially elongated oriented heat-shrink multilayer wrap film]. Patent RF, no. 2134276, 1999.
20. Bellés M., Alonso V., Andreu A., Roncalés P., and Beltrán J.A. Effect of temperature and packaging conditions on microbial growth in lamb. *61 International Congress of Meat Science and Technology*, Clermont-Ferrand, France, 2015.
21. Roveda K. and Kapitani S. *Sposob upakovyvaniya svezhikh myasnykh produktov, poluchennaya etim sposobom upakovka dlya svezhikh myasnykh produktov i prigodnaya dlya neye dvojnaya upakovochnaya plenka* [The method of packing fresh meat products, the packaging for fresh meat products obtained in this way, and double packaging film suitable for it]. Patent RF, no. 2397120, 2010.
22. Soncu E.D., Haskaraca G., and Kolsarici N. Microbiological, physicochemical and sensorial characteristics of sous-vide “doner”. *63 International Congress Of Meat Science and Technology*, Cork, Ireland, 2017.
23. Chernukha I.M., Kovaleva O.A., and Radchenko M.V. Effects of low temperature – long time (LT-LT) treatments on technological and consumer characteristics of cooked ham of NOR and PSE pork. *News institutes of higher Education. Food technology*, 2015, vol. 344–345, no. 2–3, pp. 30–33.
24. Mitra B., Lametsch R., Akcan T., and Ruiz-Carrascal J. Pork proteins oxidative modifications under the influence of varied time-temperature thermal treatments: A chemical and redox proteomics assessment. *Meat Science*, 2018, vol. 140, pp. 134–144. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.03.011>.
25. Kim Y.H.B., Bødker S., and Rosenfold K. High-oxygen modified atmosphere packaging induced protein polymerization of myosin heavy chain and decreased tenderness of ovine *M. longissimus* during retail display. *57 International Congress of Meat Science and Technology*, Ghent-Belgium, 2011.
26. Lautenschlager R. and Muller V.-D. Modified atmosphere packaging requires significant optimization. *Fleischwirtschaft*, 2006, no. 8, pp. 41–45.
27. Johnson J.E., Montes J.L., Adams B.Ch. *Method and system for processing meat products in a modified atmosphere*. Pat. USA, no. 9955703, 2015.
28. Esmer O.K., Irkin R., Degirmencioglu N., and Degirmencioglu A. The effects of modified atmosphere gas composition on microbiological criteria, color and oxidation values of minced beef meat. *Meat Science*, 2011, vol. 88, no. 2, pp. 221–226. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.12.021>.
29. Polkinghorne R.J., Philpott J., Perovic J., et al. The effect of packaging on consumer eating quality of beef. *Meat Science*, 2018, vol. 142, pp. 59–64. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.04.002>.
30. Djordjevic J., Boskovic M., Starcevic M., et al. Survival of *Salmonella spp.* in minced meat packaged under vacuum and modified atmosphere. *Brazilian Journal of Microbiology*, 2018, vol. 49, no. 3, pp. 607–613. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bjm.2017.09.009>.
31. Łopacka J., Półtorak A., and Wierzbicka A. Effect of reduction of oxygen concentration in modified atmosphere packaging on bovine *M. longissimus lumborum* and *M. gluteus medius* quality traits. *Meat Science*, 2017, vol. 124, pp. 1–8. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.10.004>.
32. Zouaghi F. and Cantalejo M.J. Study of modified atmosphere packaging on the quality of ozonated freeze-dried chicken meat. *Meat Science*, 2016, vol. 119, pp. 123–131. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.04.032>.
33. Limbo S., Torri L., Sinelli N., Franzetti L., and Casiraghi E. Evaluation and predictive modeling of shelf life of minced beef stored in high-oxygen modified atmosphere packaging at different temperatures. *Meat Science*, 2010, vol. 84, pp. 129–136. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.08.035>.
34. Legrand I. and Bezault R. Qualities of beef packaged in high-oxygen modified atmosphere using various gas compositions and heaspaces. *62 International Congress of Meat Science and Technology*, Bangkok, Thailand, 2016.
35. Ribeiro C.C.S., Contreras-Castillo C.J., Venturini A.C., et al. Effects of ultimate pH and high-oxygen modified atmosphere package on color stability of *Longissimus lumborum* from Nellore bulls. *62 International Congress of Meat Science and Technology*, Bangkok, Thailand, 2016.
36. Wang C., Wang H., Li X., and Zhang Ch. Effects of oxygen concentration in modified atmosphere packaging on water holding capacity of pork steaks. *Meat Science*, 2018, vol. 148, pp. 189–197. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.10.001>.
37. Tørngren M.A. and Jongberg S. Retail packaging of pre-salted beef patties stored in high or non-oxygen atmosphere. *56 International Congress of Meat Science and Technology*, Jeju, Korea, 2010.
38. Belcher J.N. Industrial packaging developments for the global meat market. *Meat Science*, 2006, vol. 74, no. 1, pp. 143–148. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.04.031>.
39. Zhang Y., Qin L., Mao Y., et al. Carbon monoxide packaging shows the same color improvement for dark-cutting beef as high oxygen packaging. *63 International Congress of Meat Science and Technology*, Cork, Ireland, 2017.

40. Van Rooyen L.A., Allen P., Crawley S.M., and O'Connor D.I. The effect of carbon monoxide pre-treatments on the color stability of vacuum packaged beef steaks. *61 International Congress of Meat Science and Technology*, Clermont-Ferrand, France, 2015.
41. Ishfaq A., Hong L., Long Z., et al. A comprehensive review on the application of active packaging technologies to muscle foods. *Food Control*, 2017, vol. 82, pp. 163–178. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2017.06.009>.
42. Majid I., Nayik G.A., Dar S.M., and Nanda V. Novel food packaging technologies: Innovations and future prospective. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 2018, vol. 17, no. 4, pp. 454–462. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2016.11.003>.
43. Carbone M., Donia D.T., Sabbatella G., and Antiochia R. Silver nanoparticles in polymeric matrices for fresh food packaging. *Journal of King Saud University – Science*, 2016, vol. 28, no. 4, pp. 273–279. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2016.05.004>.
44. Nuzhdina A.V., Morozov A.S., Kopitsyna M.N., et al. Simple and versatile method for creation of non-leaching antimicrobial surfaces based on cross-linked alkylated polyethyleneimine derivatives. *Materials Science and Engineering: C*, 2017, vol. 70, pp. 788–795. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.msec.2016.09.033>.
45. Domínguez R., Barba F.J., Gómez B., et al. Active packaging films with natural antioxidants to be used in meat industry: A review. *Food Research International*, 2018, vol. 113, pp. 93–101. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.06.073>.
46. Moudache M., Nerin C., Colon M., and Zaidi F. Antioxidant effect of an innovative active plastic film containing olive leaves extract on fresh pork meat and its evaluation by Raman spectroscopy. *Food Chemistry*, 2017, vol. 229, pp. 98–103. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.02.023>.
47. Snezhko A.G., Strakhova P.A., and Uzdeniskiy V.B. Innovatsionnye resheniya dlya upakovki myasnykh produktov [Innovative solutions for the packaging of meat products]. *Meat Technology*, 2016, vol. 157, no. 1, pp. 42–45. (In Russ.).
48. *Smart packaging – «umnaya» upakovka* [Smart packaging]. Available at: <http://www.newchemistry.ru/letter.php?nid=654>. (accessed 18 July 2018).
49. Saliu F.R. and Pergola D. Carbon dioxide colorimetric indicators for food packaging application: Applicability of anthocyanin and poly-lysine mixtures. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 2018, vol. 258, pp. 1117–1124. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.snb.2017.12.007>.
50. *V Yaponii dlya opredeleniya svezhesti myasa ispol'zuyut etiketki kotoryye ne dayut obmanut' pokupatelya* [In Japan, labels determine the freshness of meat]. Available at: <https://beliyspisok.ru/threads/v-japonii-dlja-opredelenija-svezhesti-mjasa-ispolzujut-etiketki-kotorye-ne-dajut-obmanut-pokupatelja.1268/>. (accessed 22 June 2018).
51. *Uchenye sozdali spetsial'nyye naklejki, opoveshchayushchie o svezhesti myasa* [Scientists have created special stickers that determine the freshness of meat]. Available at: [https://faktom.ru/23880\\_uchenye\\_sozdali\\_specialnye\\_naklejki\\_opoveshchayushhie\\_o\\_svezhesti\\_myasa\\_wilson2034\\_](https://faktom.ru/23880_uchenye_sozdali_specialnye_naklejki_opoveshchayushhie_o_svezhesti_myasa_wilson2034_). (accessed 22 June 2018).

#### **Семенова Анастасия Артуровна**

д-р техн. наук, профессор, зам. директора по научной работе, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт мясной промышленности имени В. М. Горбатова», 109316, Россия, г. Москва, ул. Талалихина, 26, тел.: +7 (495) 676-61-61, e-mail: [a.semenova@fnpcs.ru](mailto:a.semenova@fnpcs.ru)  
 <https://orcid.org/0000-0002-4372-6448>

#### **Насонова Виктория Викторовна**

канд. техн. наук, руководитель отдела Научно-прикладных и технологических разработок, ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, 109316, Россия, г. Москва, ул. Талалихина, 26, тел.: +7 (495) 676-65-51, e-mail: [v.nasonova@fnpcs.ru](mailto:v.nasonova@fnpcs.ru)  
 <https://orcid.org/0000-0001-7625-3838>

#### **Ревуцкая Наталья Михайловна**

канд. техн. наук, научный сотрудник отдела Научно-прикладных и технологических разработок, ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, 109316, Россия, г. Москва, ул. Талалихина, 26, тел.: +7 (495) 676-73-61, e-mail: [n.revuckaya@fnpcs.ru](mailto:n.revuckaya@fnpcs.ru)  
 <https://orcid.org/0000-0002-8898-9305>

#### **Трифонов Михаил Валерьевич**

канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, 109316, Россия, г. Москва, ул. Талалихина, 26, тел.: +7(495) 676-62-51, e-mail: [m.trifonov@fnpcs.ru](mailto:m.trifonov@fnpcs.ru)  
 <https://orcid.org/0000-0002-5316-6819>

#### **Anastasia A. Semenova**

Dr.Sci.(Eng.), Professor, Deputy Director for Science, V.M. Gorbatov Research Center for Food Systems of Russian Academy of Sciences, 26, Talalihin Str., Moscow, 109316, Russia, phone: +7 (495) 676-61-61, e-mail: [a.semenova@fnpcs.ru](mailto:a.semenova@fnpcs.ru)  
 <https://orcid.org/0000-0002-4372-6448>

#### **Victoriya V. Nasonova**

Cand.Sci.(Eng.), Head of Department of Applied Scientific and Technological Development, V.M. Gorbatov Research Center for Food Systems of Russian Academy of Sciences, 26, Talalihin Str., Moscow, 109316, Russia, phone: +7 (495) 676-65-51, e-mail: [v.nasonova@fnpcs.ru](mailto:v.nasonova@fnpcs.ru)  
 <https://orcid.org/0000-0001-7625-3838>

#### **Nataliya M. Revutskaya**

Cand.Sci.(Eng.), Researcher, Department of Applied Scientific and Technological Development, V.M. Gorbatov Research Center for Food Systems of Russian Academy of Sciences, 26, Talalihin Str., Moscow, 109316, Russia, phone: +7 (495) 676-73-61, e-mail: [n.revuckaya@fnpcs.ru](mailto:n.revuckaya@fnpcs.ru)  
 <https://orcid.org/0000-0002-8898-9305>

#### **Michael V. Trifonov**

Cand.Sci.(Eng.), Leading Researcher, V.M. Gorbatov Research Center for Food Systems of Russian Academy of Sciences, 26, Talalihin Str., Moscow, 109316, Russia, phone: +7 (495) 676-62-51, e-mail: [m.trifonov@fnpcs.ru](mailto:m.trifonov@fnpcs.ru)  
 <https://orcid.org/0000-0002-5316-6819>

## ПОРЯДОК РАССМОТРЕНИЯ И РЕЦЕНЗИРОВАНИЯ

В научно-техническом журнале «Техника и технология пищевых производств (Food Processing: Techniques and Technology)» публикуются обзорные и научные статьи, доклады, сообщения, рецензии, краткие научные сообщения (письма в редакцию), информационные публикации.

Рукопись должна соответствовать требованиям к оформлению статьи. Рукописи, представленные с нарушением требований, редакцией не рассматриваются.

Рукопись научной статьи, поступившая в редакцию журнала «Техника и технология пищевых производств (Food Processing: Techniques and Technology)», рассматривается ответственным за выпуск на предмет соответствия профилю журнала, требованиям к оформлению, проверяется оригинальность представленного текста в системе «Антиплагиат» (оригинальность рукописи опубликованной в Журнале должна составлять не менее 85%), регистрируется.

Редакция подтверждает автору получение рукописи в течение 10 дней после ее поступления.

В журнале публикуются только рукописи, текст которых рекомендован рецензентами.

Редакция организует «двухстороннее слепое» (анонимное) рецензирование представленных рукописей с целью их экспертной оценки. Выбор рецензента осуществляется решением главного редактора или его заместителя. Для проведения рецензирования рукописей статей в качестве рецензентов могут привлекаться как члены редакционной коллегии журнала «Техника и технология пищевых производств (Food Processing: Techniques and Technology)», так и высококвалифицированные ученые и специалисты других организаций и предприятий, обладающие глубокими профессиональными знаниями и опытом работы по конкретному научному направлению, как правило, доктора наук, профессора. Все рецензенты являются признанными специалистами по тематике рецензируемых материалов и имеют в течение последних 3 лет публикации по тематике рецензируемой статьи.

Рецензенты уведомляются о том, что присланные им рукописи являются частной собственностью авторов и относятся к сведениям, не подлежащим разглашению. Рецензентам не разрешается делать копии статей для своих нужд. Рецензирование проводится конфиденциально. Нарушение конфиденциальности возможно только в случае заявления рецензента о недостоверности или фальсификации материалов, изложенных в статье.

## ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЬИ

Журнал «Техника и технология пищевых производств (Food Processing: Techniques and Technology)» предназначен для публикации статей, посвященных проблемам пищевой и смежных отраслей промышленности.

Статья должна отвечать профилю журнала, обладать научной новизной, публиковаться впервые.

Срок рассмотрения статьи не должен превышать трех месяцев со дня получения статьи на рецензирование.

Оригиналы рецензий хранятся в издательстве и в редакции издания в течение пяти лет со дня публикации статей.

Если в рецензии на статью имеется указание на необходимость ее исправления, то статья направляется автору на доработку.

Если статья по рекомендации рецензента подверглась значительной авторской переработке, она направляется на повторное рецензирование тому же рецензенту, который сделал критические замечания.

Редакция оставляет за собой право отклонения статей в случае неспособности или нежелания автора учесть пожелания редакции.

При наличии отрицательных рецензий на рукопись от двух разных рецензентов или одной рецензии на ее доработанный вариант статья отклоняется от публикации без рассмотрения другими членами редколлегии. Автору не принятой к публикации статьи ответственный за выпуск направляет мотивированный отказ. Фамилия рецензента может быть сообщена автору лишь с согласия рецензента.

Решение о возможности публикации после рецензирования принимается главным редактором, а при необходимости – редколлекцией в целом.

Редакция журнала направляет авторам представленных материалов копии рецензий или мотивированный отказ, а также обязуется направлять копии рецензий в Министерство образования и науки Российской Федерации при поступлении в редакцию издания соответствующего запроса.

Редакция журнала не хранит рукописи, не принятые к печати. Рукописи, принятые к публикации, не возвращаются. Рукописи, получившие отрицательный результат от рецензента, не публикуются и также не возвращаются обратно автору.

Рукописи печатаются, как правило, в порядке очередности их поступления в редакцию. В исключительных случаях, редакционная коллегия имеет право изменить очередность публикации статей.

В случае, если редакционная коллегия не разделяет полностью взглядов автора публикуемой рукописи, она вправе сделать об этом подстрочное примечание. Рукописи, печатаемые в порядке обсуждения, могут снабжаться соответствующим подстрочным примечанием.

Редакция вправе публиковать письма читателей, содержащие оценку опубликованных рукописей.

Объем статьи должен быть 5–7 страниц (не включая аннотации и списки литературы на русском и английском языках). Объем обзорной рукописи не ограничен.

Оформление текста (форматирование): поля по 20 мм, одинарный интервал без переносов, лишних пробелов и абзачных интервалов, шрифт

Times New Roman, 10 кегль. Следует избегать перегрузки статей большим количеством формул, дублирования одних и тех же результатов в таблицах и графиках.

Математические уравнения и химические формулы должны набираться в редакторе формул Equation (MathType) или в MS Word одним объектом, а не состоять из частей. Необходимо придерживаться стандартного стиля символов и индексов: английские – курсивом (*Italic*), русские и греческие – прямым шрифтом, с указанием строчных и прописных букв, верхних и нижних индексов. Химические формулы набираются 9 кеглем, математические – 10. Формулы и уравнения печатаются с новой строки и нумеруются в круглых скобках в конце строки.

Графики, диаграммы и т.п. (желательно цветные), созданные средствами Microsoft Office, Corel Draw, должны допускать возможность редактирования.

Таблицы должны иметь заголовки и порядковые номера. В тексте статьи должны присутствовать ссылки на каждую таблицу.

Таблицы, графики и диаграммы не должны превышать по ширине 8 см. Допускаются смысловые выделения – полужирным шрифтом.

#### **Структура статьи:**

1. **Индекс УДК** (универсальный десятичный классификатор) – на первой странице в левом верхнем углу.

2. **Название статьи** (на русском и английском языках). Не более 10 слов, должно быть информативным и отражать основной результат исследований. В названии статьи не допускается употребление сокращений, кроме общепризнанных.

3. **Инициалы и фамилии всех авторов** через запятую (на русском и английском языках). Транслитерация фамилий производится в соответствии с учётными записями в Scopus и Web of Science. Фамилия автора, с которым следует вести переписку, обозначается звездочкой (\*).

4. **Официальное полное название учреждения** (место работы каждого автора), город, почтовый адрес и индекс. Представляется на русском и английском языках и должны совпадать с названием в Уставе организации. Если научных организаций две и более, необходимо цифровыми надстрочными индексами связать название организации и фамилии авторов, в ней работающих.

5. **E-mail автора, с которым следует вести переписку.**

6. **Аннотация** (на русском и английском языках). Объем от 200 до 250 слов, но не более 2000 знаков с пробелами. Аннотация должна быть оригинальной, содержательной (отражать основное содержание статьи и результаты исследований), структурированной (повторять структуру статьи и включать введение, цели и задачи, методы, результаты, выводы).

Предмет, тема, цель работы в аннотации указываются в том случае, если они не ясны из заглавия статьи; метод или методологию проведения работы целесообразно описывать в том случае, если

они отличаются новизной или представляют интерес с точки зрения данной работы.

Результаты работы описывают предельно точно и информативно. Приводятся основные теоретические и экспериментальные результаты, фактические данные, обнаруженные взаимосвязи и закономерности. При этом отдается предпочтение новым результатам и данным долгосрочного значения, важным открытиям, выводам, которые опровергают существующие теории, а также данным, которые, по мнению автора, имеют практическое значение.

Выводы могут сопровождаться рекомендациями, оценками, предложениями, гипотезами, описанными в статье.

Сведения, содержащиеся в заглавии статьи, не должны повторяться в тексте авторского резюме.

Следует избегать лишних вводных фраз (например, "автор статьи рассматривает...", "в настоящее время..."). Исторические справки, если они не составляют основное содержание документа, описание ранее опубликованных работ и общеизвестные положения в авторском резюме не приводятся.

В тексте аннотации следует применять значимые слова из текста статьи. Аннотация НЕ разбивается на абзацы.

**7. Ключевые слова** (на русском и английском языках) должны способствовать индексированию статьи в поисковых системах (не более 9).

#### **8. Текст статьи.**

Текст статьи обязательно должен содержать следующие разделы:

**«Введение»** – часть, в которой приводят краткий обзор материалов (публикаций), связанных с решаемой проблемой, и обоснование актуальности исследований. Ссылки на цитированную литературу даются по порядку номеров (с № 1) в квадратных скобках. При цитировании нескольких работ ссылки располагаются в хронологическом порядке. Необходимо четко сформулировать цель исследований;

#### **«Объекты и методы исследований»:**

• для описания экспериментальных работ – часть, которая содержит сведения об объекте исследования, последовательности операций при постановке эксперимента, использованных приборах и реактивах. При упоминании приборов и оборудования указывается название фирмы на языке оригинала и страны (в скобках). Если метод малоизвестен или значительно модифицирован, кроме ссылки на соответствующую публикацию, дают его краткое описание;

• для описания теоретических исследований – часть, в которой поставлены задачи, указываются сделанные допущения и приближения, приводится вывод и решение основных уравнений. Раздел не следует перегружать промежуточными выкладками и описанием общеизвестных методов (например, методов численного решения уравнений, если они не содержат элемента новизны, внесенного авторами);

**«Результаты и их обсуждение»** – часть, содержащая краткое описание полученных экспериментальных данных. Изложение результатов

должно заключаться в выявлении обнаруженных закономерностей, а не в механическом пересказе содержания таблиц и графиков. Результаты рекомендуется излагать в прошедшем времени. Обсуждение не должно повторять результаты исследования.

**«Выводы» (Заключение).** Изложение в тезисной форме основных результатов исследования. В конце раздела рекомендуется сформулировать основной вывод, содержащий ответ на вопрос, поставленный в разделе «Введение».

**8. Список литературы.** Библиографический список оформляется согласно ГОСТ 7.1-2003 «Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления». Список литературы приводится в порядке цитирования работ в тексте. В тексте статьи дается порядковый номер источника из списка цитируемой литературы в квадратных скобках. Ссылки на электронные документы должны оформляться согласно ГОСТ 7.82-2001 «Библиографическая запись. Библиографическое описание электронных ресурсов».

Не рекомендуется использовать более трех интернет-источников, а также литературу, с момента издания которой прошло более 10 лет.

В список литературы не включаются неопубликованные работы, учебники, учебные пособия и тезисы материалов конференций.

Самоцитирование, как и цитирование других авторов, должно быть обоснованным и соответствовать тематике и задачам научной работы. В соответствии с этикой научных публикаций степень самоцитирования не должна превышать 10 процентов. Не менее 50 процентов источников из списка литературы должны быть опубликованы за последние пять лет, в том числе в журналах, индексируемых в базах данных Scopus, Web of Science и др.

**9. Список литературы (References)** приводится полностью отдельным блоком в конце статьи, повторяя список литературы к русскоязычной части, независимо от того, имеются или нет в нем иностранные источники. Если в списке есть ссылки на иностранные публикации, они полностью повторяются в списке, готовящемся в романском алфавите (см. Рекомендации по подготовке списка литературы в латинице на сайте [fptt.ru](http://fptt.ru)).

**10. Сведения об авторах** (на русском и английском языках): фамилия, имя, отчество каждого соавтора, место и адрес работы с указанием должности, структурного подразделения, ученой степени, звания; контактный телефон, электронная почта, ORCID ID (идентификатор ученого формируется автоматически и бесплатно при регистрации в системе <https://orcid.org/>). Звездочкой указывается автор, с которым вести переписку.

В случае несоответствия оформления рукописи предъявляемым требованиям статья не принимается к рассмотрению.

#### **В редакцию предоставляются:**

1. электронная версия статьи в программе MSWord. Файл статьи следует назвать по фамилии первого автора – *ПетровГП.doc*. Не допускается в одном файле помещать несколько документов;
2. сканированная электронная версия статьи, подписанная всеми авторами, в программе PDF. Файл статьи следует назвать по фамилии первого автора – *ПетровГП.pdf*. Не допускается в одном файле помещать несколько документов;
3. гарантийное письмо (скан-копия) на имя главного редактора журнала на бланке направляющей организации с указанием даты регистрации и исходящего номера, с заключением об актуальности работы и рекомендациями к опубликованию, с подписью руководителя учреждения.

ОБРАЗЕЦ ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЬИ

УДК 663.11

**Подбор параметров стабилизации (замораживание и сушка) симбиотического консорциума с целью получения закваски прямого внесения**

**В.Ю. Крумликов<sup>1,\*</sup>, Л.А. Остроумов<sup>1</sup>, О.А. Иванов<sup>2</sup>, О.В. Кригер<sup>1</sup>**

*<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47*

*<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650043, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6*

*\*e-mail: v\_krumlikov@mail.ru*

**Аннотация.** Важной составляющей производства заквасок ... (продолжение аннотации, объем от 200 до 250 слов, но не более 2000 знаков с пробелами).

**Ключевые слова.** Сублимационная сушка, .... (ключевые слова – не более 9)

**Choice of stabilization parameters (freezing and drying) of symbiotic consortium to obtain a starter of direct inoculation**

**V.Yu. Krumlikov<sup>1,\*</sup>, L.A. Ostroumov<sup>1</sup>, O.A. Ivanov<sup>2</sup>, O.V. Kriger<sup>1</sup>**

*<sup>1</sup>Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia*

*<sup>2</sup>Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650043, Russia*

*\*e-mail: v\_krumlikov@mail.ru*

**Abstract.** An important component in the production of starters .....

**Keywords.** Freeze drying, lyophilisation, .....

**Введение**

Важной задачей при производстве бактериальных препаратов.....

.....

.....

Целью работы является .....

**Объекты и методы исследования**

Для подготовки объекта сушки .....

.....

.....

.....

**Результаты и их обсуждение**

Микроорганизмы, подвергаемые консервации методом сублимационной сушки.....

.....

.....

$$..... h = h_0 \cdot \left( 1 - \frac{l \cdot \operatorname{tg} \theta}{2 \cdot h_0} \right), \quad (1)$$

где *l* – ширина лопасти ротора.

.....

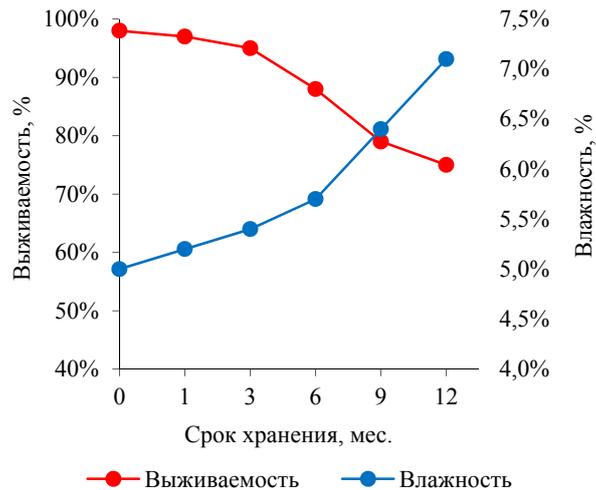


Рисунок 1 – Результаты анализа выживаемости бактериальных клеток закваски прямого внесения в процессе хранения

Таблица 1 – Физико-химические показатели лиофилизированной закваски прямого внесения в течение всего срока хранения

Наименование показателя	Значение				
	0 мес.	3 мес.	6 мес.	9 мес.	12 мес.
Активность сквашивания, ч	12	12	12	10	9
Предельное значение pH	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Массовая доля влаги, %	5,0	5,4	5,7	6,4	7,2
Количество бактерий на конец срока годности, КОЕ/г.10 <sup>6</sup>	28,4	27,0	25,0	22,4	21,3

### Выводы

Установлены параметры сублимационной сушки симбиотического консорциума микроорганизмов: температура замораживания минус 25 °С; температура нагрева 25 °С; продолжительность сушки 240 мин; толщина слоя сушки 3,0 мм.

### Список литературы

- Харитонов, И. Изучение качественных характеристик концентратов лактобактерий в процессе криозамораживания и сублимационной сушки / И. Харитонов, А.Ю. Просеков, М.И. Шрамко // Вестник Северо-Кавказского федерального университета. – 2015. – № 2(47). – С. 87–90.
- Бабич, О.О. Оптимизация лиофилизации L-фенилаланин-аммоний-лиазы / О.О. Бабич, А.Ю. Просеков // Биомедицинская химия. – 2013. – Т. 59. – № 6. – С. 682–692.
- Мотовилов, О.К. Научное обоснование технологий пищевой продукции с использованием гидромеханического диспергирования и оценка ее качества: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.18.15 / Мотовилов Олег Константинович. – Кемерово, 2012. – 39 с.
- Широков, Е.П. Хранение и переработка продукции растениеводства с основами стандартизации и сертификации. Ч. 1: Картофель. Плоды, овощи / Е.П. Широков, В.И. Полегаев. – М.: Колос, 1999. – 254 с.
- ГОСТ 32951-2014. Полуфабрикаты мясные и мясосодержащие. Общие технические условия. – М.: Стандартинформ, 2015. – 20 с.
- Ivanets V. N. Intensification of bulk material mixing in new designs of drum, vibratory and centrifugal mixers / V.N. Ivanets, D. M. Borodulin, A. B. Shushpannikov, D. V. Sukhorukov // Foods and Raw Materials. – 2015, Vol.3, (No. 1). – P. 62–69. DOI 10.12737/11239.
- Wioletta Błaszczyk, Danuta Zielińska, Henryk Zieliński, Dorota Szawara-Nowak & Józef Fornal / Antioxidant Properties and Rutin Content of High Pressure-Treated Raw and Roasted Buckwheat Groats // Food Bioprocess Technol. (2013) 6:92–100. DOI: 10.1007/s11947-011-0669-5.

### References

- Kharitonova I., Prosekov A.Yu., and Shramko M.I. Izuchenie kachestvennykh kharakteristik kontsentratov laktobakteriy v protsesse kriozamorazhivaniya i sublimatsionnoy sushki [Investigation into quality features in lactobacilli concentrate through

cryo-freezing and sublimation dryin]. *Vestnik Severo-Kavkazskogo federal'nogo universiteta* [Newsletter of North-Caucasus State Technical University], 2015, no. 2(47), pp. 87–90.

2. Babich O.O. and Prosekov A.Yu. Optimizatsiya liofilizatsii L-fenilalanin-ammoniy-liazy [Optimization of lyophilization L-phenylalanine-ammonium-lyase]. *Biomeditsinskaya khimiya* [Biomedical chemistry], 2013, vol. 59, no. 6, pp. 682–692.

3. Motovilov O.K. *Nauchnoe obosnovanie tekhnologiy pishchevoy produkcii s ispol'zovaniem gidromekha-nicheskogo dispergirovaniya i otsenka ee kachestva. Diss. dokt. tekhn. nauk* [Scientific justification of food technologies with hydromechanical dispersing and assessment of its quality. Dr. eng. sci. diss.], Kemerovo, 2012, 39 p.

4. Shirokov E.P. and Polegaev V.I. *Khranenie i pererabotka produkcii rastenievodstva s osnovami standartizatsii i sertifikatsii. Chast' 1. Kartofel'. Plody, ovoshchi* [Storage and processing of crop production with basics of standardization and certification. Part 1. Potatoes. Fruits, vegetables]. Moscow: Kolos Publ., 1999. 254 p.

5. *GOST 32951-2014. Polufabrikaty myasnye i myasosoderzhashchie. Obshchie tekhnicheskie usloviya.* [State Standard 32951-2014. Semis, meat and meat-containing. General technical conditions]. Moscow: Standartinform Publ., 2015. 20 p.

6. Ivanets V.N., Borodulin D.M., Shushpannikov A.B., and Sukhorukov D.V. Intensification of bulk material mixing in new designs of drum, vibratory and centrifugal mixers. *Foods and Raw Materials*, 2015, vol. 3, no. 1, pp. 62–69. DOI: 10.12737/11239.

7. Błaszczak W., Zielińska D., Zieliński H., Szawara-Nowak D., and Fornal J. Antioxidant properties and rutin content of high pressure-treated raw and roasted buckwheat groats. *Food Bioprocess Technol.*, 2013, no. 6, pp. 92–100. DOI: 10.1007/s11947-011-0669-5.

**Крумлик Владимир Юрьевич**

аспирант кафедры бионанотехнологии, ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47, e-mail: v\_krumlikov@mail.ru

**Остроумов Лев Александрович**

д-р техн. наук, профессор, профессор-консультант Научно-образовательного центра, ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47

**Иванов Олег Алексеевич**

младший научный сотрудник лаборатории микробиологии, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650043, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6

**Кригер Ольга Владимировна**

канд. техн. наук, доцент, профессор кафедры бионанотехнологии, ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47, тел.: +7 (3842) 39-68-74, e-mail: olgakrigger58@mail.ru

**Vladislav Yu. Krumlikov**

Postgraduate Student of the Department of Bionanotechnology, Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia, e-mail: v\_krumlikov@mail.ru

**Lev A. Ostroumov**

Dr.Sci.(Eng.), Professor, Professor and Consultant of the Center of Research and Education, Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia

**Oleg A. Ivanov**

Junior Researcher of the Laboratory of Microbiology, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650043, Russia

**Olga V. Kriger**

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor, Professor of the Department of Bionanotechnology, Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-74, e-mail: olgakrigger58@mail.ru

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

**ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ  
(FOOD PROCESSING: TECHNIQUES AND TECHNOLOGY)  
№ 3 (48), 2018**

Ответственный за выпуск *А.И. Лосева*

Литературный редактор *А. Ю. Курникова*

Литературный редактор (англ. язык) *Н. В. Рабкина*

Компьютерная верстка и оформление обложки *М. В. Горбунова*

*Учредитель:*

Кемеровский государственный университет

*Адрес учредителя:*

650000, Россия, Кемеровская обл., г. Кемерово, ул. Красная, 6  
Кемеровский государственный университет

Подписано в печать

Дата выхода в свет                      Формат 60×84<sup>1/8</sup>.  
Бумага офсетная. Гарнитура Times New Roman.  
Печать офсетная. Усл. п. л. 20,9. Уч.-изд. л. 5,31.  
Тираж                      экз. Заказ №                      Цена свободная.

*Адрес редакции:*

650000, Россия, Кемеровская обл., г. Кемерово, ул. Красная, 6

*Адрес типографии:*

650000, Россия, Кемеровская обл., г. Кемерово, пр. Советский, 73