

Министерство образования  
и науки Российской Федерации  
Кемеровский государственный  
университет

**ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ  
ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ**

(FOOD PROCESSING:  
TECHNIQUES AND TECHNOLOGY)

**№ 2 (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, ул. Мичурина, 13а

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 ЭЛ № ФС77-72312*  
выдано Роскомнадзор.

Дата выхода в свет  
Усл. п. л. 22,98. Уч.-изд. л. 44,48.  
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. В. Стародубцева**

Литературный редактор (англ. язык)  
**А. А. Телегуз**

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

16+

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 – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, Видное, Россия;

**О. О. Бабич**, 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 – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, 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. Грищенко**, 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. Терешук**, 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

### ОБЗОРНАЯ СТАТЬЯ

*Рябцева С. А., Ахмедова В. Р., Анисимов Г. С.* Мороженое как средство доставки *Lactobacillus acidophilus*..... 5

### ТЕХНОЛОГИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

*Евелева В. В., Черпалова Т. М., Шиповская Е. А.* Изучение эффективности применения лактатсодержащих технологических вспомогательных средств для обработки овощей..... 28

*Егорова Е. Ю., Резниченко И. Ю.* Разработка пищевого концентрата – полуфабриката безглютеновых кексов с амарантовой мукой..... 36

*Зенькова М. Л., Бабич Д. А.* Подготовка зерна пшеницы при разработке технологии консервов «Вторые обеденные блюда»..... 46

*Исабаев И. Б., Атамуратова Т. И.* Потенциальное сырье для растительно-жировых композитных смесей целевого назначения..... 54

*Казина В. В., Сафронова Т. Н., Ермош Л. Г.* Разработка технологии получения сока из ростков пшеницы с определением режимов и сроков его хранения..... 64

*Кукин М. Ю.* Изучение влияния пектина на изменение вязкости и окраски напитков на основе натуральных красителей в процессе хранения..... 73

*Магомедов Г. О., Лобосова Л. А., Рожков С. А., Селина Н. А.* Выбор оптимальных параметров получения сбивных изделий без яичного белка..... 82

*Пермякова Л. В.* Влияние способа обеспечения пивных дрожжей кислородом на синтез стерина..... 89

*Пономарева О. И., Борисова Е. В., Прохорчик И. П.* Молочнокислые бактерии рода *Lactobacillus* в формировании вкусоароматического профиля кислых элей..... 100

*Творогова А. А., Шобанова Т. В., Ландиховская А. В., Закирова Р. Р.* Совершенствование композиционного состава и структуры молочного мороженого..... 109

*Ульрих Е. В.* Изучение свойств модифицированных флокулянтов для выделения компонентов сыворотки.... 117

### ПРОЦЕССЫ, ОБОРУДОВАНИЕ И АППАРАТЫ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

*Алмагамбетова С. Т.* Анализ методов противокоррозионного воздействия на защиту оборудования объектов пищевой отрасли..... 129

*Маркова Ю. В., Марков А. С., Романов А. С.* Особенности использования пароконвектомата для выработки хлебобулочных изделий..... 136

### ГИГИЕНА ПИТАНИЯ

*Лобач Е. Ю., Вековцев А. А., Никитюк Д. Б., Позняковский В. М.* Натурные испытания биологически активной добавки «Ивлаксин» у больных с острыми воспалительными заболеваниями..... 143

*Гаврилова Н. Б., Чернопольская Н. Л., Банникова А. В., Евдокимов И. А., Шрамко М. И.* Исследование иммобилизации пробиотиков как метода их защиты и доставки в желудочно-кишечный тракт человека..... 151

### СТАНДАРТИЗАЦИЯ, СЕРТИФИКАЦИЯ, КАЧЕСТВО И БЕЗОПАСНОСТЬ

*Белокурова Е. С., Панкина И. А.* Сравнительный анализ концентрированных томатопродуктов на содержание каротиноидов..... 162

### ХИМИЯ И ЭКОЛОГИЯ

*Бутов А. В., Мандрова А. А.* Экологическое качество картофеля при биологизации высокоинтенсивной технологии его возделывания и поливе..... 170

### ЭКОНОМИКА

*Черниченко С. Г., Котов Р. М.* Возможности алгоритмического моделирования сегментации дебиторов в условиях коммерческого кредита..... 178

### ИНФОРМАЦИЯ

Порядок рассмотрения и рецензирования..... 193

Требования к оформлению статьи..... 193

The Ministry of Education and  
Science of the Russian  
Federation

Kemerovo State University

## **FOOD PROCESSING: TECHNIQUES AND TECHNOLOGY**

**No. 2, Vol. 48, 2018**

**Scientific Journal**

Issued since 1998

Publishing editor

**A.I. Loseva**

Script editor

**A.V. Starodubtseva**

Script editor (Eng)

**A.A. Teleguz**

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:fppt.ru  
e-mail: fppt98@gmail.com

*Printing Office:*

13A, Michurina Str., 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  
El № FS 77-72312 of 01 February 2018  
Given by the Roskomnadzor*

Date of issue

Printed sheet 22,98.

Conventional printed sheet 44,48.

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

16+

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

### **Editor-in-Chief**

**Aleksandr 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, Branch of V.M. Gorbатов Federal Scientific Center for Food Systems, Russian Academy of Sciences, 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, Branch of V.M. Gorbатов Federal Scientific Center for Food Systems, Russian Academy of Sciences, 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

### REVIEW

Ryabtseva S.A., Akhmedova V.R., Anisimov G.S. Ice cream as a carrier of <i>Lactobacillus acidophilus</i> .....	5
--	---

### FOOD PRODUCTION TECHNOLOGY

<i>Eveleva V.V., Cherpalova T.M., Shipovskaya E.A.</i> Effectiveness of lactate-containing processing aids application in vegetable treatment.....	28
<i>Egorova E.Ju., Reznichenko I.Ju.</i> Development of food concentrate – semi-finished product with amaranth flour for gluten-free cupcakes.....	36
<i>Zenkova M.L., Babich D.A.</i> Wheat grain preparing for production of conserved food “Second course for lunch”.....	46
<i>Isabaev I.B., Atamuratova T.I.</i> Potential raw materials for special use vegetable fatty composite mixtures.....	54
<i>Kazina V.V., Safronova T.N., Ermosh L.G.</i> Wheat sprouts juice production technology development and determination of juice storage modes and terms.....	64
<i>Kukin M.Yu.</i> The study of pectin influence on the change in viscosity and color of beverages with natural colourants during storage.....	73
<i>Magomedov G.O., Lobosova L.A., Rozhkov S.A., Selina N.A.</i> Selection of optimal parameters for obtaining whipped products from egg whites.....	82
<i>Permyakova L.V.</i> Dependence of the sterols synthesis on the method of supplying beer yeast with oxygen.....	89
<i>Ponomareva O.I., Borisova E.V., Prokhorchik I.P.</i> Lactic acid bacteria of the genus <i>Lactobacillus</i> in the formation of sour ales flavor profile.....	100
<i>Tvorogova A.A., Shobanova T.B., Landikhovskaya A.V., Zakirova R.R.</i> Milk ice cream composition and structure improvement.....	109
<i>Ulrikh E.V.</i> The study of the modified flocculants properties for whey components isolation.....	117

### PROCESSES, EQUIPMENT, AND APPARATUS FOR FOOD PRODUCTION

<i>Almagambetova S.T.</i> Analysis of the ways of anticorrosive influence on food industry equipment protection.....	129
<i>Markova Yu.V., Markov A.S., Romanov A.S.</i> Peculiarities of using steam-convection oven for production of bakery products.....	136

### FOOD HYGIENE

<i>Lobach E.Yu., Vekovtsev A.A., Nikityuk D.B., Poznyakovskiy V.M.</i> Full-scale testing of biologically active additive “Ivlaxin” in patients with acute inflammatory diseases.....	143
<i>Gavrilova N.B., Chernopolskaya N.L., Bannikova A.B., Evdokimov I.A., Shramko M.I.</i> Investigation of the immobilization of probiotics as a method for their protection and delivery to the human gastrointestinal tract.....	151

### STANDARDIZATION, CERTIFICATION, QUALITY AND SAFETY

<i>Belokurova E.S., Pankina I.A.</i> Comparative analysis of concentrated tomato products on carotenoid content.....	162
--	-----

### CHEMISTRY AND ECOLOGY

<i>Butov A.V., Mandrova A.A.</i> Potato ecological quality in the biologization of high-intensity technologies of its cultivation and irrigation.....	170
---	-----

### ECONOMICS

<i>Chernichenko S.G., Kotov R.M.</i> The possibilities of debtor segmentation algorithmic modeling in the context of commercial lending.....	178
--	-----

### INFORMATION

The procedure for article consideration and review.....	193
Requirements for the article formatting.....	193

<https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-2-5-27>

УДК 663.674:637.146

**МОРОЖЕНОЕ КАК СРЕДСТВО ДОСТАВКИ *LACTOBACILLUS ACIDOPHILUS*****С. А. Рябцева\*** , **В. Р. Ахмедова** , **Г. С. Анисимов** 

Дата поступления в редакцию: 09.04.2018

Дата принятия в печать: 21.05.2018

ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет»,  
355009, Россия, г. Ставрополь, ул. Пушкина, 1

\*e-mail: ryabtseva07@mail.ru



© С. А. Рябцева, В. Р. Ахмедова, Г. С. Анисимов, 2018

**Аннотация.** Мороженое – продукт с характерным составом и свойствами, которые высоко ценятся среди широкого круга потребителей. Особенности состава и технологии мороженого позволяют рассматривать его в качестве перспективного носителя и средства доставки биологически активных соединений и полезных микроорганизмов. В данной работе рассмотрены морфологические, биохимические, физиологические, генетические и технологические характеристики *L. acidophilus*. Систематизированы существующие способы получения мороженого с *L. acidophilus*. Показано влияние различных форм внесения ацидофильной палочки и способов ее адаптации на показатели качества мороженого. Представлены данные о свойствах ферментированного и неферментированного мороженого с этой культурой. Отображена информация о воздействии различных технологических, физико-химических и физиологических факторов на выживаемость чистой культуры *L. acidophilus* и ее комбинации с другими микроорганизмами при получении, хранении и употреблении мороженого. Рассмотрены перспективные направления получения ацидофильного мороженого с различными пребиотиками, пищевыми волокнами, заменой рафинированного сахара на мед и нерафинированные сахара, с добавлением сывороточных белков, фруктового пюре, зерновых добавок и других компонентов. Представлены данные о влиянии функциональных компонентов на процесс получения и свойства мороженого с ацидофильной палочкой. Систематизирована информация о получении мороженого с использованием различных штаммов *L. acidophilus* и *Bifidobacterium* spp. и заменой коровьего молока на растительные аналоги. Описаны способы получения мороженого с *L. acidophilus* и другими заквасочными культурами, в том числе йогуртовыми. В данном обзоре обоснована целесообразность применения *L. acidophilus* в производстве мороженого, выявлены тенденции и проблемы в области получения мороженого функционального назначения.

**Ключевые слова.** Мороженое, *L. acidophilus*, пробиотики, пребиотики, синбиотики

**Для цитирования:** Рябцева, С. А. Мороженое как средство доставки *Lactobacillus acidophilus* / С. А. Рябцева, В. Р. Ахмедова, Г. С. Анисимов // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 2. С. 5–27. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-2-5-27>.

**ICE CREAM AS A CARRIER OF *LACTOBACILLUS ACIDOPHILUS*****S.A. Ryabtseva\*** , **V.R. Akhmedova** , **G.S. Anisimov** 

Received: 09.04.2018

Accepted: 21.05.2018

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

\*e-mail: ryabtseva07@mail.ru



© S.A. Ryabtseva, V.R. Akhmedova, G.S. Anisimov, 2018

**Abstract.** Ice cream is a product with specific composition and properties that are highly valued by a wide range of consumers. Peculiarities of ice cream composition and production technology make it possible to consider the product as a promising carrier and means of biologically active compounds and useful microorganisms supply. The article reveals morphological, biochemical, physiological, genetic and technological characteristics of *L. acidophilus*. It systematizes information on the existing methods used for production of ice cream with *L. acidophilus*. The author shows the influence of various forms of the introduced acidophilus bacteria and methods for their adaptation on ice cream quality indicators. The article provides the data on the properties of ice cream fermented and unfermented with this cultures. It reveals information on the impact of various technological, physicochemical and physiological factors on the survival capacity of pure culture *L. acidophilus* and its combination with other microorganisms in the process of ice cream production, storage and consumption. The author considers perspective ways of acidophilic ice cream production using various combinations of prebiotics, dietary fibers, replacing refined sugar with honey and unrefined sugars, introducing whey proteins, fruit puree, grain additives and other ingredients. The article presents the data on the influence of functional components on the production process and properties of ice cream containing acidophilus bacteria. The author systematized information on ice cream production using different strains of *L. acidophilus* and *Bifidobacterium* spp. replacing cow's milk with vegetable analogues. Methods for producing ice cream with *L. acidophilus* and other starter cultures, including yogurt

cultures are described. The review justifies practicability of *L. acidophilus* application in ice cream production. It reveals trends and issues in the area of functional use ice cream production.

**Keywords.** Ice cream, *L. acidophilus*, probiotics, prebiotics, synbiotics

**For citation:** Ryabtseva S.A., Akhmedova V.R., Anisimov G.S. Ice cream as a carrier of *Lactobacillus acidophilus*. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2018, vol. 48, no. 2, pp. 5–27 (In Russ.). <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-2-5-27>.

### Введение

Мороженое – взбитый, замороженный и потребляемый в замороженном виде сладкий молочный или молокосодержащий продукт, занимающий прочное место в перечне популярных среди людей разных возрастных групп десертов. Традиционные виды мороженого содержат много сахара и жира, их ассортимент зачастую расширяется за счет добавления синтетических красителей, ароматизаторов и подсластителей. Такое мороженое нельзя отнести к продуктам здорового питания (Health and Wellness), привлекательность которых для потребителей растет во всем мире. В связи с этим получение новых видов мороженого с пониженной калорийностью, содержащего натуральное сырье и функциональные ингредиенты, относится к актуальным задачам науки и производства.

Мороженое может быть успешно использовано как средство доставки в организм человека различных полезных добавок – пробиотиков и/или пребиотиков, пищевых волокон, антиоксидантов, витаминов, полиненасыщенных жирных кислот, макро- и/или микроэлементов [1–3]. В последние годы для внесения в мороженое функциональных ингредиентов все чаще используют микрокапсулы, наноэмульсии и олеогели, активно изучаются вопросы воздействия добавляемых компонентов на консистенцию, вкус и запах, хранимоспособность готовых продуктов, а также на их физиологические свойства [4].

Особенности состава и технологии мороженого позволяют использовать его как идеальную матрицу-носитель для пробиотиков [2, 4]. Согласно современным представлениям, пробиотики – это живые микроорганизмы специально отобранных штаммов, которые при употреблении в достаточных количествах приносят пользу здоровью хозяина [5]. Механизмы действия пробиотиков основаны на их способности прикрепляться к эпителию кишечника, конкурировать с другими микробами за питательные вещества, вырабатывать бактериоцины и органические кислоты, ингибирующие развитие патогенных и условно-патогенных микроорганизмов, синтезировать витамины и улучшать биодоступность питательных веществ, оказывать иммуномодулирующее действие. Многочисленные клинические исследования подтвердили положительный эффект пробиотиков при запорах, диареях, синдроме раздраженного кишечника. В последние десятилетия появились обнадеживающие данные о применении пробиотиков для облегчения состояния людей с гипертонией, пищевой аллергией, диабетом второго типа, ожирением, инфекционными заболеваниями бактериальной и вирусной природы,

неврологическими и нейропсихиатрическими нарушениями [6–10].

Полезный для здоровья эффект пробиотиков напрямую зависит от штамма применяемой культуры и количества живых клеток, при этом все чаще признается и роль их метаболитов [5, 9, 10]. Хотя классификация пробиотиков в разных источниках отличается, наиболее доказана эффективность лактобацилл и бифидобактерий. Штаммы, используемые для получения пробиотических продуктов, обычно принадлежат к видам *Lactobacillus rhamnosus*, *L. johnsonii*, *L. gasseri*, *L. crispatus*, *L. casei*, *L. paracasei*, *L. acidophilus*, *L. reuteri*, *L. plantarum*, *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, *L. brevis*, *L. fermentum*, *Bifidobacterium lactis*, *B. bifidum*, *B. infantis*, *B. breve*, *B. animalis*, *B. adolescentis*. В качестве пробиотиков также используются бактерии родов *Streptococcus*, *Leuconostoc*, *Enterococcus*, *Pediococcus*, *Bacillus*, *Escherichia* и дрожжи *Saccharomyces* [1, 3, 5–7].

Промышленное производство мороженого основано на приготовлении смеси, содержащей как молочные (натуральное и сухое молоко, сливки, масло), так и немолочные (сахар, стабилизаторы, фрукты, шоколад и др.) компоненты. После тепловой обработки и созревания смесь подвергают фризерованию, т. е. одновременному взбиванию и замораживанию, затем расфасовывают и отправляют в камеру закалывания. Особенностью производства пробиотического мороженого является использование микроорганизмов-пробиотиков, которые могут быть внесены в смесь перед замораживанием, а также в составе ферментированной смеси. Ферментации может быть подвергнута вся смесь после созревания, или только ее часть, или только ее молочная часть [2–4].

Формирование структуры мороженого является сложным динамическим процессом, при котором компоненты смеси подвергаются значительным коллоидным и физическим изменениям. Замораживание и взбивание смеси, закалка и длительное хранение мороженого при низких температурах создают стрессовые условия для микроорганизмов стартерных культур. Кроме того, попав в организм человека, полезные бактерии должны выжить в среде желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) и, дойдя до толстой кишки, быть достаточно активными, чтобы прикрепиться к его эпителию [2, 4]. В работах [2, 11–13] описаны факторы, влияющие на выживаемость пробиотиков в мороженом. Эти факторы могут быть разделены на три взаимосвязанные группы:

– внутренние биологические (вид и штамм пробиотика, концентрация и форма его внесения, взаимодействие с другими микроорганизмами);  
 – внутренние физико-химические (состав и свойства смеси, включая pH, буферность и осмотическое давление, содержание кислорода и сухих веществ, доступность питательных веществ, наличие промоторов и ингибиторов роста пробиотиков);  
 – внешние технологические (температура и время ферментации, температурные режимы взбивания и замораживания смеси, заправки и хранения мороженого, упаковка).

Необходимое количество живых пробиотических микроорганизмов в продуктах функционального питания нормируется, как правило, на уровне не менее  $10^6$ – $10^7$  клеток (КОЕ) на г ( $\text{см}^3$ ) продукта [1–3, 6, 7]. В связи с этим многие публикации посвящены проблеме сохранения жизнеспособности *L. acidophilus* при получении и хранении мороженого.

Мороженое, в производстве которого используется ферментация, отличается от традиционного по своим органолептическим показателям, поэтому важным фактором оценки новых видов мороженого является его приемлемость для потребителей. По мнению авторов работы [14], пробиотическое мороженое является замороженным молочным десертом с функциональными свойствами и особыми сенсорными характеристиками, обусловленными сочетанием вкуса и аромата ферментированного молока с текстурой мороженого. На основе изучения влияния различных факторов (вида и концентрации гидроколлоидов, содержания йогурта и молочного жира) на консистенцию и вкус пробиотического мороженого были выделены десять сенсорных характеристик, разработаны рекомендации по составу и модели для количественной оценки приемлемости такого продукта для потребителей [14].

Следует отметить, что кисломолочные продукты содержат естественно синтезированные биоактивные метаболиты стартерных культур, даже если они не имеют пробиотического статуса и относятся к группе биофункциональных продуктов [15]. Подтверждением внимания к мороженому как потенциальному и перспективному продукту этой группы стало введение в России нового стандарта – ГОСТ 32929-2014 «Мороженое кисломолочное. Технические условия».

Целью данной статьи является обоснование целесообразности применения одного из видов лактобацилл, *Lactobacillus acidophilus*, в производстве мороженого, систематизация существующих способов получения и данных о свойствах ферментированного и неферментированного мороженого с этой культурой, а также выявление тенденций и проблем в этой области.

### 1. Свойства и применение *Lactobacillus acidophilus*.

*Lactobacillus acidophilus* (LAB) (лат. – молочная палочка кислотолюбивая, общепринятый термин –

ацидофильная палочка) – вид микроорганизмов, относящихся к группе молочнокислых бактерий (LAB – lactic acid bacteria), способных сбраживать (ферментировать в анаэробных условиях) углеводы с образованием молочной кислоты как основного продукта метаболизма. Молочнокислые микроорганизмы широко распространены в природе, наиболее часто они обнаруживаются на растениях, но также участвуют в формировании микробиомов животных. Эти бактерии веками используются человеком при получении сыров и кисломолочных напитков, некоторых сортов хлеба, квашеных (ферментированных) овощей и силоса, но могут быть и причиной порчи пищевых продуктов. Благодаря многолетнему опыту использования в молочной и других отраслях пищевой промышленности, применяемые виды LAB имеют международный GRAS-статус (Generally Recognized as Safe – в целом признаны безопасными) [11, 15, 16].

*L. acidophilus* принадлежит к роду *Lactobacillus*, все представители которого являются грамположительными неподвижными неспорообразующими палочковидными истинными бактериями, занимающими промежуточное положение между строгими анаэробами и аэробами. *L. acidophilus* относится к группе облигатных гомоферментативных лактобацилл, отличающихся активным кислотообразованием (более 90 % продуктов метаболизма углеводов – молочная кислота), способностью выдерживать высокую кислотность (предельная кислотность в молоке – до 300 °Т) и повышенными, по сравнению с другими молочнокислыми палочками и кокками, температурами развития [12, 17].

Под микроскопом *L. acidophilus* выглядят как палочки длиной 2–10 мкм, иногда образующие короткие цепочки (рис. 1). Температура 37–42 °С и pH 5,5–6,0 являются оптимальными условиями роста этих микроорганизмов. Для технологии мороженого важно, что бактерии рода *L. acidophilus* способны ферментировать не только моносахара (глюкозу, фруктозу, галактозу) и лактозу, но и сахарозу, а в результате углеводного обмена могут синтезировать экзополисахариды. Ацидофильные палочки обладают слабой протеолитической активностью, не разлагают белки молока и мяса, не образуют индол и сероводород, не вырабатывают липазы, лецитиназы и уреазы [18, 19].

Геном *L. acidophilus* NCFM был расшифрован одним из первых среди лактобацилл. Он содержит 1 993 564 пары нуклеотидов и отличается более низким (35 %) средним содержанием гуанина и цитозина (GC) по сравнению с другими членами филогенетической подгруппы [16]. Анализ генома показал, что *L. acidophilus* являются ауксотрофными для 14 аминокислот и не способны синтезировать некоторые витамины, включая рибофлавин, витамин B<sub>6</sub>, никотинамид, биотин и фолат [18]. Отмечено отсутствие данных о

бактериофагах, способных заражать штаммы *L. acidophilus* [12].

Впервые выделенные Моро в 1900 году из фекалий младенцев, бактерии *L. acidophilus* были позже обнаружены в ротовой полости, толстом кишечнике взрослых людей и вагинальной микрофлоре. В настоящее время штаммы этого вида широко используются в качестве пробиотиков. Положительные эффекты пробиотических штаммов *L. acidophilus* были изучены и подтверждены как *in vitro* (устойчивость к желчи и низким значениям pH, способность вырабатывать антимикробные вещества и прикрепляться к клеткам кишечника человека, высокая активность лактазы, стабильность в продуктах), так и *in vivo* (влияние на иммунитет, снижение холестерина в сыворотке крови, улучшение метаболизма лактозы, профилактики или лечения инфекций, в том числе вирусных) [12]. Благодаря этому пробиотики *L. acidophilus* могут быть использованы при лечении синдрома раздраженного кишечника, диарей различной этиологии, бактериальных вагинозов, инфекций мочевыводящих путей и как противогрибковое средство [16].

Важным фактором пробиотического действия *L. acidophilus* является способность продуцировать бактериоцины класса Па, которые отличаются по молекулярному весу и спектру антимикробной активности. К наиболее изученным относятся лактацины и ацидоцины, ингибирующие синтез клеточной стенки и процессы проницаемости мембран. Бактериоцины *L. acidophilus* отличаются термостабильностью, способностью сохранять активность в широком диапазоне pH, подавлять патогенные микроорганизмы и возбудителей порчи пищевых продуктов питания, благодаря чему считаются перспективными биоконсервантами [20–22].

К промышленно используемым за рубежом пробиотическим штаммам *L. acidophilus* относятся LA-1 и LA-5 (Chr. Hansen), NCFM и LA-14 (Danisco), DDS-1 (Nebraska Cultures) и SBT-2026 (Snow Brand Milk Products) [19, 20, 22]. В России «Лактобактерии ацидофильные (*L. acidophilus*)» зарегистрированы как лекарственное средство, нормализующее микрофлору кишечника [23]. Фармацевтическое действие Ацилакта (штаммы *L. acidophilus* 100Н, NK11, КЗШ24), Лактобактерина, Лактонорма и других препаратов основано на том, что живые лактобактерии «обладают антагонистической активностью в отношении широкого спектра патогенных и условно-патогенных бактерий (включая стафилококки, протей, энтеропатогенную кишечную палочку), нормализуют пищеварительную деятельность ЖКТ, улучшают обменные процессы, способствуют восстановлению естественного иммунитета» [23]. Средства с *L. acidophilus* рекомендуется применять при дисбактериозах желудочно-кишечного и урогенитального трактов различной этиологии, заболеваниях полости рта [23].

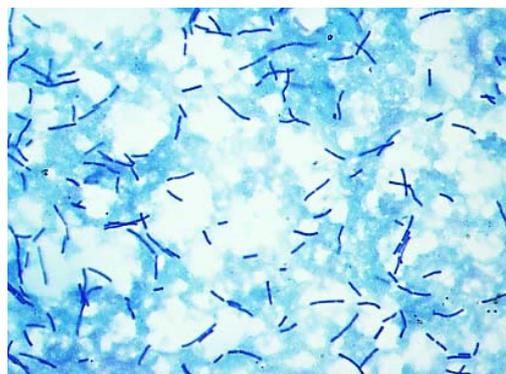


Рисунок 1 – Морфология *L. acidophilus* в смеси для мороженого, ферментированной starterной культурой БК-Углич-АВ (фиксированный мазок, окраска метиленовым синим, увеличение 90x15)

Figure 1 – Morphology of *L. acidophilus* in the mixture for ice cream fermented by starter culture BK-Uglich-AV (fixed smear, methylene blue staining, increase 90x15)

Препарат Аципол, содержащий штаммы *L. acidophilus* NK1, NK2, NK5, NK12 и полисахарид кефирных грибов, успешно используется в педиатрической практике [24]. Исследование штаммов Аципола подтвердило их принадлежность к виду *L. acidophilus*, высокую устойчивость к желчи и низким значениям pH, способность к синтезу экзополисахаридов и витаминов, низкой концентрации биогенных аминов, антагонистическую активность к целому ряду патогенных микробов и отсутствие в ДНК мобильной генетической информации [25].

*L. acidophilus* используется в молочной промышленности разных стран в качестве заквасочной (starterной) культуры в течение длительного времени. Ее применяют в производстве ферментированного и неферментированного ацидофильного молока с разным содержанием сухого вещества и жира, йогуртов с фруктовыми наполнителями и без них. Из-за высокой кислотности, создаваемой *L. acidophilus* в молоке, этот вид обычно используется совместно с другими starterными культурами – *Streptococcus thermophilus*, *Lactococcus lactis*, *Leuconostoc cremoris*, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, *Bifidobacterium* spp. и др. [26].

В нашей стране кисломолочные продукты с ацидофильной палочкой традиционно были выделены в отдельную группу, которая включала ацидофилин, ацидофильное молоко, ацидофильно-дрожжевое молоко, ацидофильную простоквашу и ацидофильную пасту, детские ацидофильные смеси «Малютка» и «Мальш» [27]. Недавно проведены исследования антагонистической активности *L. acidophilus* [28], разработан ряд новых молочных продуктов, содержащих эти микроорганизмы – творожная паста [29], кисломолочные напитки, обогащенные сывороточными белками [30], мороженое [31].

Актуальность работ в области исследования свойств и применения *L. acidophilus* подтверждается статистикой публикационной активности в системе PubMed (рис. 2).

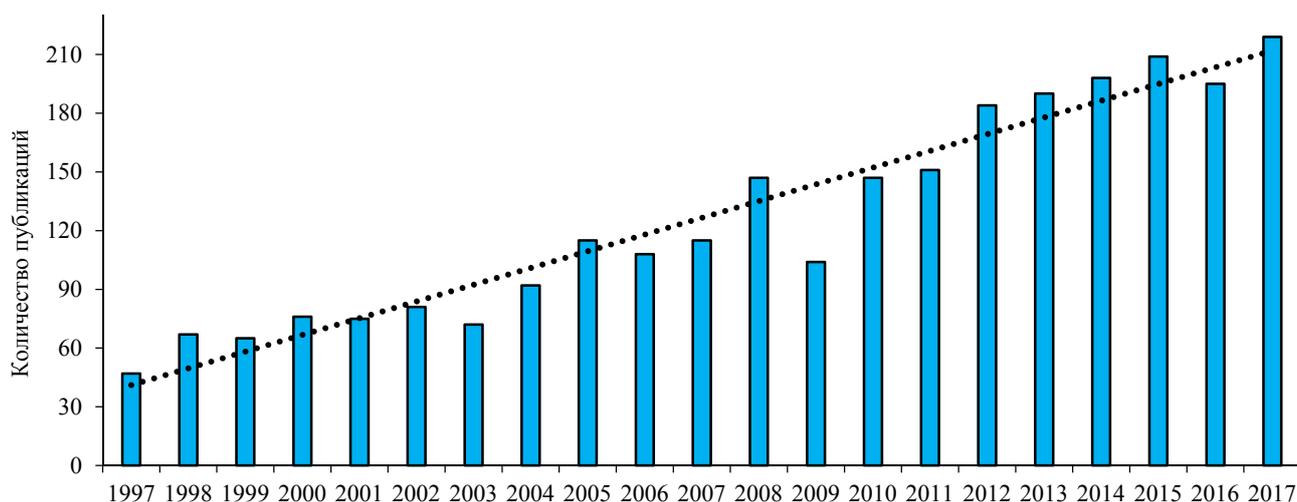


Рисунок 2 – Количество публикаций со словами «*Lactobacillus acidophilus*» в PubMed в 1997–2017 год публикации (дата обращения: 01.03.2018)

Figure 2 – Number of publications containing words “*Lactobacillus acidophilus*” in PubMed in 1997–2017 (accessed 1 March 2018)

С точки зрения получения функционального мороженого с *L. acidophilus* представляют интерес исследования последних лет, направленные на оценку влияния микрокапсулирования и условий хранения на выживаемость микроорганизмов этого вида после распылительной сушки [32]; изучение влияния ягод шелковицы, винограда, вишни [33] и муки сладкого каштана [34] на развитие *L. acidophilus* в ферментированном молоке и его свойства; клиническую апробацию пробиотиков с *L. acidophilus* при лечении людей с воспалительными заболеваниями кишечника, печеночными, иммунологическими, метаболическими и гинекологическими расстройствами [35] и ожирением [36]; протеомный анализ адгезионной активности штамма *L. acidophilus* ATCC 4356 при pH кишечника [37]; изучение метаболизма ингибирования роста кишечной палочки, вызванного ферментированным *L. acidophilus* экстрактом черного чая [38]; геномный анализ штамма *L. acidophilus* LA-1, позволивший подтвердить его пробиотические свойства, в частности, путем обнаружения генов, необходимых для биосинтеза трех бактериоцинов (энтеролизина А, хельветина Helveticin J и ацидоина J) [39]; получение очищенного экзополисахарида *Lactobacillus acidophilus* LA-EPS-20079 и изучение его противоопухолевого потенциала [40].

Можно сказать, что морфологические, биохимические, физиологические, генетические и технологические характеристики бактерий вида *L. acidophilus* изучены лучше, чем свойства других молочнокислых микроорганизмов (LAB). Свойства этой культуры продолжают вызывать интерес микробиологов и технологов. Результатом является широкое использование *L. acidophilus* в качестве стартерной и пробиотической культуры в производстве функциональных пищевых продуктов, в т. ч. мороженого.

## 2. Моделирование, способы получения и свойства мороженого с *Lactobacillus acidophilus*.

В данном разделе сначала рассмотрены работы с наиболее часто упоминающимся в публикациях штаммом *L. acidophilus* LA-5, затем результаты исследований с другими штаммами этого вида (последовательность изложения – по времени опубликования). В завершение раздела приведены результаты работ, в которых использовались стартерные культуры *L. acidophilus* разных фирм-производителей без упоминания названий штаммов. Особое внимание уделено составу смесей, который оказывает существенное влияние на все свойства мороженого и выживаемость *L. acidophilus*.

Для изучения воздействия основных стрессовых факторов производства мороженого (высокого осмотического давления, кислорода и низких температур) на рост четырех штаммов пробиотиков, в т. ч. *L. acidophilus* LA-5, в работе [41] использовано моделирование. Изучено влияние концентрации сахарозы (10, 15 и 25 %) и связывающих (scavenging – поглощающих) кислород компонентов L-цистеина (0,05 %) и L-аскорбата (0,05 %) через 24 часа инкубирования пробиотиков в MRS-бульоне. Количество микроорганизмов оценивалось по изменению оптической плотности суспензии при 580 нм ( $OD_{580}$ ). В модельных условиях исследовано также влияние низких температур (4 и  $-20$  °C) на выживаемость пробиотиков в течение трех месяцев хранения. Авторы сделали вывод о том, что штаммы лактобацилл оказались в целом более устойчивыми ко всем стрессовым факторам производства мороженого, чем бифидобактерии. Установлено, что штамм *L. acidophilus* LA-5 показал высокую устойчивость к осмотическому давлению и кислороду, но плохо выживает при низких температурах [41]. Согласно представленным в статье [41] экспериментальным данным количество клеток *L. acidophilus* LA-5 растет даже при повышении концентрации сахарозы, в отличие от других использованных культур. Например, оптическая плотность суспензии микроорганизмов

OD<sub>580</sub> в среде с 25 % сахарозы была на 0,12 выше, чем в среде с 10 % этого углевода, в то время как для других представителей лактобацилл *L. casei* LC-01 этот показатель стал ниже на 0,27, а для *Bifidobacterium bifidum* BB-12 уменьшился на 0,2 при тех же условиях.

Штамм *L. acidophilus* LA-5 был также использован в качестве одной из культур для сравнительной оценки разных продуктов (мороженого, обычного и фруктового йогуртов) как носителей (матриц) для доставки пробиотиков [42]. В составе смеси для мороженого было козье молоко, сливки козьего молока, ксантановая и гуаровая камеди, декстроза, сахароза, какао и ванилин, причем готовое мороженое содержало примерно 38 % СОМО и 10 % жира. Часть молока (15 %) была инокулирована пробиотическими культурами и ферментирована при 37 °С в течение 1 ч, затем выдержана при 4 °С в течение 12 ч, после чего смешивалась с остальной частью созревшей смеси перед фризированием. В работе показано, что все использованные в мороженом пробиотики сохраняют более высокую устойчивость к смоделированным *in vitro* условиям желудочно-кишечного тракта – кислой среде (рН = 2) и желчи (0,3 %), чем в йогуртах. Авторы предполагают, что это может быть связано как с повышенным содержанием жира, так и с другими компонентами смеси для мороженого [42].

Штамм *L. acidophilus* LA-5 был использован и для получения неферментированного мороженого в работе [43], посвященной исследованию влияния гидролиза лактозы на физико-химические характеристики готового продукта и выживаемость пробиотика. Смесь для мороженого состояла из цельного молока (74 %), сгущенного молока с сахаром (9,75 %), сахара (3,7 %), сливок (9,85 %), включала 1,2 % эмульгатора, 1,2 % стабилизатора и 0,18 % ванили, опытные образцы были подвергнуты действию 0,06 % β-галактозидазы *Maxilactis* при 37 °С в течение 2 ч. Показано, что ни добавление пробиотической культуры, ни частичный гидролиз лактозы (56 %) в смеси для мороженого существенно не повлияли на рН, титруемую кислотность и взбитость мороженого. Гидролиз лактозы не оказал влияния и на выживаемость *L. acidophilus* LA-5 в процессе хранения продукта при –18 °С в течение 28 дней. Полученное мороженое может быть рекомендовано для людей с непереносимостью лактозы [43].

В проведенном недавно исследовании [44] *L. acidophilus* LA-5 применялся для получения низкожирного мороженого и оценки его влияния на изменение микробиома толстой кишки с использованием модели *in vitro*. Показано, что применение пробиотического мороженого приводит к существенному (по сравнению с мороженым без пробиотиков) повышению концентрации полезных микробных метаболитов (ацетата, пропионата, бутирата и молочной кислоты) в проксимальных и дистальных отделах и снижению уровня токсичного аммиака. Это является следствием активизации развития лактобактерий и бифидобактерий, а также

снижения количества клостридий и кишечных палочек [44].

Влияние формы внесения в смесь для мороженого пробиотической культуры *Lactobacillus acidophilus* LMGP-21381 на ее выживаемость при получении и хранении продукта, а также его органолептические характеристики были изучены в работе [45]. Смесь включала пастеризованное молоко (67 %), сливки (8,4 %), подслащенную яично-желтковую смесь (4,2 %), сухое обезжиренное молоко (1,5 %), сахар и глюкозу (18 %), эмульгаторы и стабилизаторы (0,9 %). Пробиотик был внесен в смесь для мороженого до созревания в виде сухой лиофилизированной культуры (DVS) или после активации (в MRS бульоне в аэробных условиях при 37 °С в течение 18 ч) с концентрацией более 10<sup>7</sup> КОЕ/г. Форма внесения культуры не повлияла на рН смеси до и после созревания, на взбитость смеси и на рН мороженого в течение всего срока хранения при температурах –15 и –25 °С в течение 45 недель. Выживаемость *Lactobacillus acidophilus* LMGP-21381 после фризирования при –6 °С в образце с активированной культурой составила 100 % и была на 11 % выше, чем в образце с неактивированной культурой, т. е. клетки после предварительной активации оказались более устойчивыми к холодовому, осмотическому, кислородному и механическому стрессам. При хранении мороженого существенной разницы в скорости снижения жизнеспособности культур в образцах с разной формой внесения пробиотика не обнаружено, однако разница в концентрации клеток сохранилась и к концу срока хранения была на Δ log = 0,5 выше в мороженом с предварительной активацией закваски. Более того, оценка вкуса и аромата этих образцов мороженого была значительно выше (P > 0,01), чем для контрольного образца (без пробиотика) и образца с неактивированной закваской [45].

Три метода обработки смеси для получения мороженого с *L. acidophilus* ATCC 4356 были использованы в работе [46]. Исходная смесь содержала 1 % молочного жира, 18 % сахарозы, 10 % СОМО и 0,5 % стабилизатора, созревание проводилось при 4 °С в течение 24 ч. Первый метод предусматривал ферментацию всей созревшей смеси при 37 °С до рН 5,5; второй – ферментацию части смеси (10 % от общего объема молока) при 37 °С до рН 4,6 и смешивание с остальной частью созревшей смеси; третий проводился без ферментации смеси. Смеси перед фризированием отличались по кислотности и вязкости. Полученные из опытных и контрольных (без *L. acidophilus*) смесей образцы мороженого хранили при –20 °С и анализировали в течение трех месяцев. Образцы мороженого, полученные без ферментации смеси, были похожи по физико-химическим показателям на контрольный образец без пробиотика. Мороженое, полученное с полной или частичной ферментацией смеси, имело пониженную твердость, что авторы [46] объясняют пониженным содержанием сухих веществ. Самые высокие показатели взбитости и устойчивости к

плавлению были отмечены в образцах, полученных с использованием второго метода [46]. Существенные различия трех образцов наблюдались в отношении количества клеток *L. acidophilus* ATCC 4356 (N). Начальная величина N (перед фризерованием) в смесях, полученных методами 2 и 3, находилась примерно на одинаковом уровне ( $\lg 8,7-8,8$ ), в образце по первому методу была ниже на порядок ( $\lg 7,5$ ). Однако к концу срока хранения именно в первом образце обнаружено минимальное сокращение количества живых клеток *L. acidophilus* ( $\Delta \lg = 2$ ), в то время как в образце 2 снижение составило  $\Delta \lg = 2,7$ , а больше всего лактобацилл погибло в образце 3 ( $\Delta \lg = 5,6$ ). Авторы предполагают, что это связано с естественной осмотической и кислотной адаптацией использованного штамма *L. acidophilus* в процессе ферментации смеси для мороженого, причем приобретенные свойства могут повысить устойчивость клеток и к холодовому стрессу [46].

Направленное температурное воздействие на лактобациллы было использовано как стратегия защиты пробиотиков от основных стрессов производства мороженого в работе [47]. Изучено влияние условий выдержки культуры *L. acidophilus* DSM20079, отобранной в середине экспоненциальной или в начале стационарной фаз роста при пониженных (4, 10 и 20 °C в течение периодов от 30 мин до 24 ч) и повышенных температурах (45, 50 и 55 °C от 15 мин до 24 ч) на их жизнеспособность, в т. ч. на выживаемость при -20 °C в течение 30 дней. Существенного влияния времени (фазы) отбора клеток не установлено. Только определенные условия обработки (при 4 °C в течение 18 ч и при 45 °C в течение 15 мин) приводили к значимому повышению устойчивости клеток *L. acidophilus* к холодовому стрессу [47]. Адаптированные в этих условиях и неадаптированные культуры были использованы для получения пробиотического мороженого двумя способами: с ферментацией (при 37 °C до pH 5,5) и без ферментации смеси, содержащей 3 % жира, 10 % СОМО, 18 % сахарозы и 0,5 % стабилизатора. Ферментация повлияла не только на pH, титруемую кислотность и вязкость смесей, но и на твердость и скорость таяния мороженого, которые были существенно ниже, а степень взбитости – существенно выше, чем в образцах без ферментации. Все эти свойства не зависели от адаптации *L. acidophilus* [47]. Предварительная ферментация смеси позволила значительно повысить жизнеспособность клеток *L. acidophilus* в мороженом: после его хранения при -20 °C в течение 90 дней сокращение количества живых клеток в ферментированном мороженом составило 0,24 log КОЕ/г, в неферментированном – 0,43 log КОЕ/г. Температурная адаптация *L. acidophilus* DSM20079 в меньшей степени, но также повлияла на выживаемость клеток: сокращение количества живых клеток в мороженом с исходной культурой составило 0,28 log КОЕ/г, после холодовой адаптации – 0,23 log КОЕ/г, тепловой – 0,3 log КОЕ/г. Количество живых

клеток *L. acidophilus* (как адаптированных, так и неадаптированных культур) к концу срока хранения мороженого было не ниже  $10^7$  КОЕ/г, что позволяет рассматривать его как пробиотический продукт [47].

Чистую культуру *Lactobacillus acidophilus*, выделенную из пробиотических коммерческих капсул, использовали для получения неферментированного мороженого в работе [48]. В составе мороженого было 10 % молочного жира, 15 % подсластителя, 11,5 % обезжиренного сухого молока, 0,3 % эмульгатора/стабилизатора. Пробиотик инокулировали в часть подготовленной смеси для мороженого с начальной концентрацией  $3,6 \cdot 10^8$  КОЕ/г, хранение продукта осуществляли при температуре -19 °C в течение 12 недель. Показано, что добавление *Lactobacillus acidophilus* не оказало существенного влияния на pH смеси, ее взбитость (90 %), вязкость, твердость и способность к плавлению мороженого, но повлияло на титруемую кислотность, pH и сенсорные свойства мороженого. Фризерование почти не повлияло на количество живых клеток, но к концу срока хранения мороженого оно снизилось примерно на порядок. Длительное низкотемпературное хранение мороженого привело также к снижению устойчивости клеток *Lactobacillus acidophilus* к кислоте и желчи, возможно, из-за механического повреждения клеток [48].

Влияние уровня взбитости смеси, связанного с кислородным стрессом, на жизнеспособность бактерий стартерной культуры *L. acidophilus* DOWARU™ в неферментированном мороженом изучено в работе [49]. В опытах использовалась рецептура традиционного в Бразилии ванильного мороженого, включающая 14,5 % сухого обезжиренного молока, 11 % сахарозы, 3 % глюкозы, 10 % молочного жира, 0,5 % стабилизатора и 3 % ванилина. Пробиотические бактерии были добавлены в смесь для мороженого в количестве  $10^8$  КОЕ/г после созревания. Показано, что уровень взбитости 45 % не оказывает существенного влияния на жизнеспособность клеток данного вида бактерий в течение 60 суток хранения при температуре -18 °C [49]. Повышение содержания кислорода в смеси приводило к сокращению количества живых клеток в мороженом (на порядок при 60 % и на два порядка для 90%-ной взбитости). Авторы утверждают, что разный уровень взбитости не повлиял на оценку внешнего вида, вкуса, аромата и текстуры мороженого потребителями [49].

В соответствии с ГОСТ 32929-2014 «Мороженое кисломолочное. Технические условия» мороженое кисломолочное ацидофильное производится с использованием заквасок на основе ацидофильной палочки. По требованию технического регламента Таможенного союза ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции» содержание молочнокислых организмов в мороженом на конец срока годности должно быть не менее  $1 \cdot 10^6$  КОЕ/г.

Технология производства мороженого «Снежок» и «Свежесть» включает внесение от 5 до 7 % производственной закваски на чистых культурах ацидофильной палочки в охлажденную до температуры  $(40 \pm 2)$  °С смесь. Скваживание смеси проводят в течение  $(3 \pm 1)$  ч при температуре  $(40 \pm 2)$  °С до достижения кислотности  $(90 \pm 10)$  °С. По окончании сквашивания смесь охлаждают до температуры  $(5 \pm 1)$  °С и фризуют. В качестве молочной основы для мороженого «Снежок» используют обезжиренное молоко, а для мороженого «Свежесть» – пахту, полученную при производстве сладкосливочного масла [50].

Влияние различных видов заквасочных культур, в т.ч. *L. acidophilus*, на свойства смеси для кисломолочного мороженого изучено в работе [51]. Для получения смеси использовали рецептуру традиционного молочного мороженого, содержащего 5 % жира, 10 % СОМО, 16 % сахарозы, 0,5 % стабилизатора. Для ферментирования смеси были использованы лиофилизированные концентраты отечественного производства ФГУП «Экспериментальная биофабрика», г. Углич: БК-Углич-АВ (*L. acidophilus*), БК-Углич-СМТ (*Lac. spp.* + *Str. thermophilus*); БК-Углич-№7К (*Lac. spp.* + *Lac. casei*); БК-Углич-ТВ (*Str. Thermophilus*), БК-Углич-СТБ (*L. bulgaricus* + *Str. thermophilus*), для кефира (симбиоз молочнокислых, уксуснокислых бактерий и дрожжей). На рис. 3 показано изменение титруемой кислотности образцов, ферментированных при оптимальных для каждого вида закваски температурах в течение 12 ч.

Установлено, что ферментация смеси культурой *L. acidophilus* прошла быстрее, чем с другими заквасками: уровень кислотности 80 °Т (рН 4,8) в смеси с ацидофильной палочкой был достигнут примерно через 5 ч, с закваской для йогурта – через 9 ч, кислотность смеси с другими заквасками даже через 12 ч оставалась на более низком уровне.

Согласно представленным в статье [51] данным (рис. 4) количество молочнокислых микроорганизмов в смеси, сквашенной ацидофильной палочкой, достигло уровня более  $10^8$  КОЕ/г. В остальных образцах количество клеток заквасочной микрофлоры было ниже на 1–2 порядка. По-видимому, это связано с особенностями развития различных видов молочнокислых бактерий в смесях для мороженого, отличающихся от молока более высоким содержанием углеводов и сухих веществ в целом. Эти результаты показывают высокую устойчивость использованной культуры *L. acidophilus* к осмотическому давлению и ее потенциал для получения ферментированного мороженого.

### 3. Влияние пребиотиков и других пищевых добавок на свойства мороженого с *Lactobacillus acidophilus*.

Получение синбиотического мороженого, содержащего пробиотика и пребиотика, относится к актуальным направлениям расширения его ассортимента. Согласно ГОСТ Р 56201-2014 «Продукты пищевые функциональные. Методы определения бифидогенных свойств» пребиотические вещества – это «неперевариваемые пищевые

вещества, избирательно стимулирующие рост и (или) биологическую активность одного или ограниченного числа представителей защитной микрофлоры кишечника человека, способствующие поддержанию ее нормального состава и биологической активности». Хорошо изученными пребиотиками, давно применяющимися в пищевой промышленности, являются фруктаны (инулин, олигофруктоза и фруктоолигосахариды), галактоолигосахариды и лактулоза [52]. К перспективным направлениям получения новых видов мороженого относится также комбинирование разных пробиотиков, пребиотиков и неперевариваемых пищевых (т.н. диетических) волокон, замена рафинированного сахара на мед и нерафинированные сахара, а также добавление сывороточных белков, фруктового пюре и других компонентов.

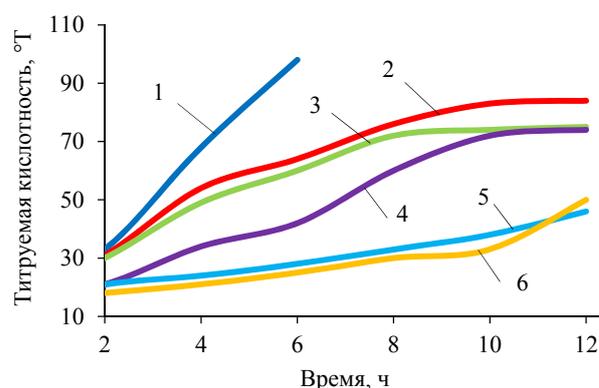


Рисунок 3 – Зависимость титруемой кислотности смесей для мороженого, ферментированных различными заквасками: 1 – *L. acidophilus*; 2 – *L. bulgaricus* + *Str. thermophilus*; 3 – *Str. thermophilus*; 4 – *Lac. spp.* + *L. casei*; 5 – *Lac. spp.* + *Str. thermophilus*; 6 – кефирная закваска

Figure 3 – Dependence of titratable acidity of mixtures fermented using different starters for ice cream production: 1 – *L. acidophilus*; 2 – *L. bulgaricus* + *Str. thermophilus*; 3 – *Str. thermophilus*; 4 – *Lac. spp.* + *L. casei*; 5 – *Lac. spp.* + *Str. thermophilus*; 6 – kefir starter

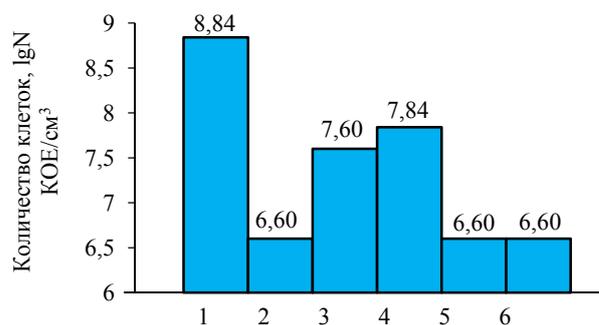


Рисунок 4 – Количество клеток молочнокислых микроорганизмов в образцах смесей для мороженого, сквашенных с использованием различных заквасок: 1 – *L. acidophilus*; 2 – *Str. thermophilus*; 3 – *Lac. spp.*, *Lb. casei*; 4 – *L. bulgaricus*, *Str. thermophilus*; 5 – *Lac. spp.*, *Str. thermophilus*; 6 – кефирная закваска

Figure 4 – Quantity of lactic-acid microorganism cells in samples of mixtures for ice cream fermented using different starters: 1 – *L. acidophilus*; 2 – *Str. thermophilus*; 3 – *Lac. spp.*, *Lb. casei*; 4 – *L. bulgaricus*, *Str. thermophilus*; 5 – *Lac. spp.*, *Str. thermophilus*; 6 – kefir starter

В данном разделе рассмотрены результаты исследований процессов получения и свойств мороженого с *Lactobacillus acidophilus* и различными функциональными ингредиентами, последовательность изложения – по времени опубликования работ (2012–2017 гг.).

Проведено исследование выживаемости штамма *Lactobacillus acidophilus* NCDC 14 в синбиотическом мороженом с добавлением концентрата сывороточных белков, а также разных пребиотиков [53]. В смесь для мороженого, содержащую 37,4 % сухих веществ, 10 % жира, 11 % СОМО, 16 % сахара, 0,4 % смеси стабилизатора и эмульгатора, добавляли 3 % фруктоолигосахаридов (ФОС), или инулина, или меда. Пробиотическую культуру (4 %) инокулировали в смесь мороженого и инкубировали при 40 °С до pH 5,5. Добавление каждого пребиотика привело к значительному (примерно на порядок) увеличению количества клеток *L. acidophilus* после ферментации смеси мороженого по сравнению с контролем, такая же разница сохранилась в образцах после замораживания и хранения в течение 15 дней. Употребление про- и синбиотического мороженого добровольцами приводило к значимому уменьшению pH фекалий, увеличению количества *L. acidophilus* и снижению количества колиформ [53].

Целью другой работы тех же авторов [54] было получение фруктового ферментированного мороженого с *Lactobacillus acidophilus* LA-5. В половину смеси для мороженого с аналогичным использованному в [53] составом вносили пробиотик, после чего инкубировали смесь при 43 °С в течение 3 ч и охлаждали до 6 °С для предотвращения дальнейшей ферментации. Затем неферментированную (45 %), ферментированную (45 %) смеси и 10 % яблочного пюре тщательно перемешивали, после чего подвергали фризерованию и замораживанию. Показано, что внесение пробиотика приводит к снижению pH и взбитости смеси; количество жизнеспособных клеток N в мороженом существенно снижалось после замораживания ( $\Delta \lg N = 1,6$ ). Наблюдалось медленное снижение количества клеток в течение первых 6 недель хранения при –18 °С ( $\Delta \lg N = 0,4$ ) и более быстрое с 6 по 10 неделю ( $\Delta \lg N = 1,0$ ) хранения мороженого, однако к концу срока хранения уровень жизнеспособных клеток пробиотика оставался достаточно высоким ( $1,0 \cdot 10^7$  КОЕ/г) [54].

Влияние светлого, янтарного и темного меда как функционального натурального подсластителя на свойства мороженого с *L. acidophilus* исследовано в работе [55]. Показано, что замена сахара медом приводит к увеличению количества клеток стартерной культуры и вязкости, а также к снижению pH смеси и объема расплава мороженого. Темный мед лучше стимулировал развитие *L. acidophilus* (увеличение количества клеток N в смеси составило  $\Delta \lg N = 1,5$ ), но наиболее приемлемые сенсорные показатели были получены для мороженого со светлым медом.

В другой работе [56] изучено влияние концентрации рафинированного и нерафинированного сахара из разного сырья на выживаемость

*L. acidophilus* LA-5 в пробиотическом мороженом, его органолептические и антиоксидантные свойства. Смесь содержала 55,4 % молока, 20 % сливок, 8 % сухого обезжиренного молока, 0,5 % стабилизатора, 0,1 % ванилина, рафинированный тростниковый сахар или нерафинированный сахар кокосовой пальмы в разных концентрациях (15, 18 и 21 %). В готовые смеси перед фризерованием вносили по 4 % закваски *L. acidophilus* LA-5. Показано, что использование рафинированного и нерафинированного сахаров в различных концентрациях не влияло на изменение pH и титруемой кислотности смеси и мороженого. Отмечено, что повышение концентрации сахаров и применение нерафинированного сахара привели к увеличению взбитости смеси для мороженого. Авторы связывают это с тем, что в составе нерафинированных сахаров присутствует инулин, который способствует более эффективному насыщению смеси воздухом. Пробиотическое мороженое с нерафинированным сахаром имело более высокую антиоксидантную активность (31,9–45,3 %), чем с рафинированным (11,0–24,0 %). Авторы обосновали этот результат исследования тем, что в нерафинированных сахарах присутствуют высшие фенольные соединения и марганец, которые обладают выраженной антиоксидантной активностью. Несмотря на это, общая антиоксидантная активность пробиотического мороженого была низкой, поскольку смесь, используемая в производстве мороженого, не была сквашена. Установлено, что выживаемость культуры *L. acidophilus* при –20 °С в течение 90 дней была выше в образцах мороженого с нерафинированным сахаром (85–90 %), чем с рафинированным (85–87 %). Выявлено, что повышение концентрации сахаров до 18 % способствует увеличению выживаемости *L. acidophilus* на 5,56 % в мороженом с нерафинированным сахаром и на 1,43 % с рафинированным. Однако дальнейшее увеличение сахаров до 21 % снижает жизнеспособность пробиотической культуры на 1,11 % в мороженом с нерафинированным сахаром и на 4,62 % с рафинированным. На конец срока хранения количество жизнеспособных клеток *L. acidophilus* в мороженом с нерафинированным сахаром было на уровне  $1,25 \cdot 10^7$  КОЕ/г, с рафинированным –  $1,95 \cdot 10^6$  КОЕ/г. Отмечено, что использование нерафинированного сахара оказало положительное влияние на органолептические показатели мороженого [56].

В работе [31] изучено влияние инулина на свойства мороженого с *L. acidophilus* (БК-Углич-АВ). Смесь содержала 53 % обезжиренного молока, 24,5 % сливок, 17 % сахарозы, 0,5 % стабилизатора. В экспериментальные образцы вносили инулин в концентрации 1–3 %. В смесь вносили 0,5 % ацидофильной закваски, сквашивали в течение ( $6 \pm 1$ ) ч при 37 °С до pH 4,85, после чего подвергали взбиванию и замораживанию. Установлено, что инулин не оказывает влияния на процесс сквашивания смеси закваской *L. acidophilus*, но

улучшает ее структурно-механические свойства. Показано (рис. 5), что внесение инулина в количестве 1 % повысило вязкость смеси для мороженого на 20,9 %, в количестве 2 % – на 43,3 % и в количестве 3 % – на 70,9 % по сравнению с контрольным образцом (без инулина) при минимальной скорости сдвига ( $5 \text{ c}^{-1}$ ).

Установлено, что с увеличением массовой доли инулина степень насыщения смеси воздухом при фризеровании возрастает (рис. 6). Внесение инулина в количестве 1 % повысило взбитость смеси мороженого на 12,7 %, 2 % – на 31,7 % и 3 % – на 55,5 %. Отмечено, что оптимальный с точки зрения формирования консистенции молочного мороженого уровень взбитости был получен при использовании 2 % инулина.

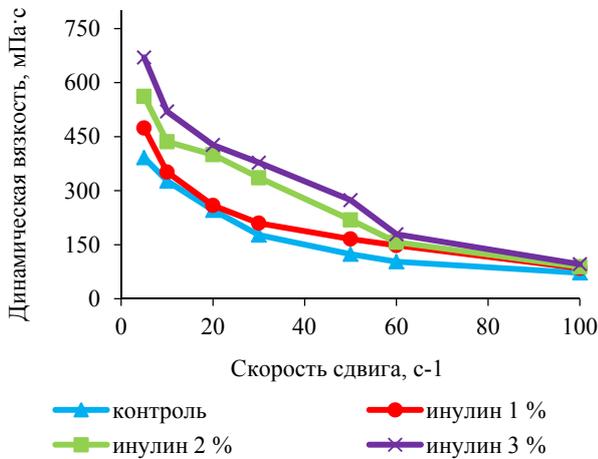


Рисунок 5 – Влияние инулина на изменение показателя динамической вязкости смеси мороженого  
Figure 5 – Inulin effect on changes in ice cream mixture dynamic viscosity value

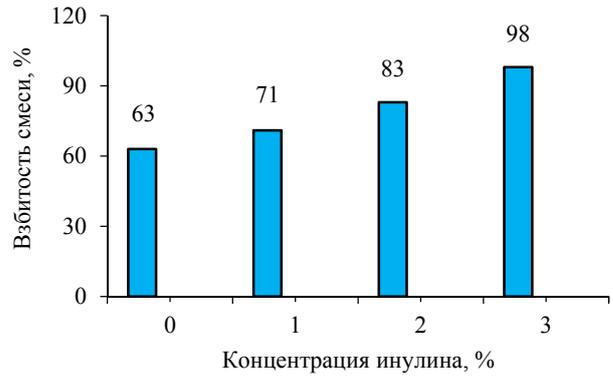


Рисунок 6 – Влияние инулина на взбитость смеси для мороженого

Figure 6 – Effect of inulin on overrun of mixture for ice cream production

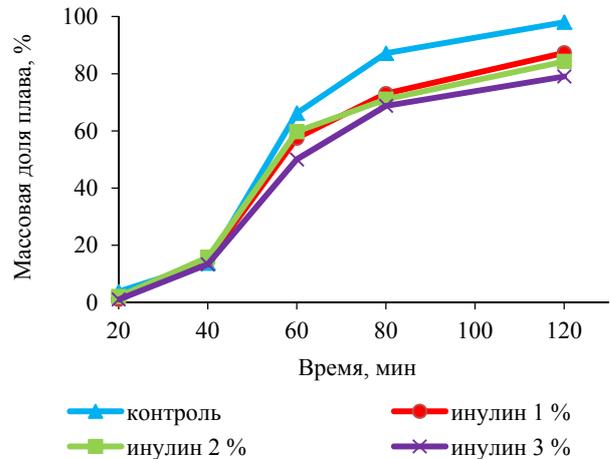


Рисунок 7 – Зависимость массовой доли плава от времени таяния мороженого с добавлением и без добавления инулина

Figure 7 – Dependence of melt weight fraction on melting time of ice cream with and without inulin

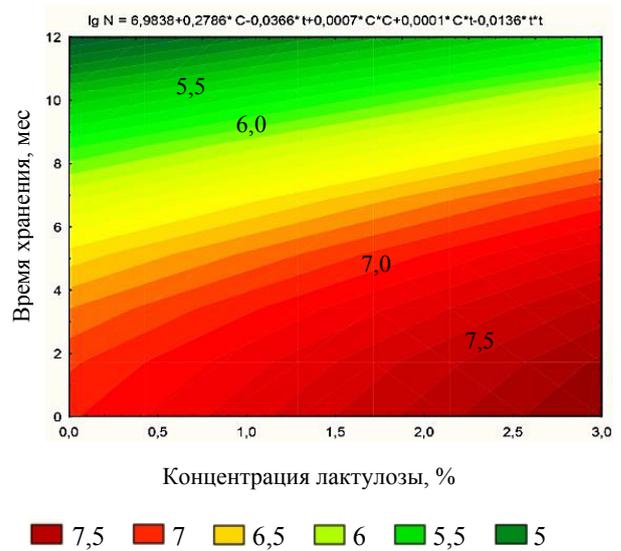
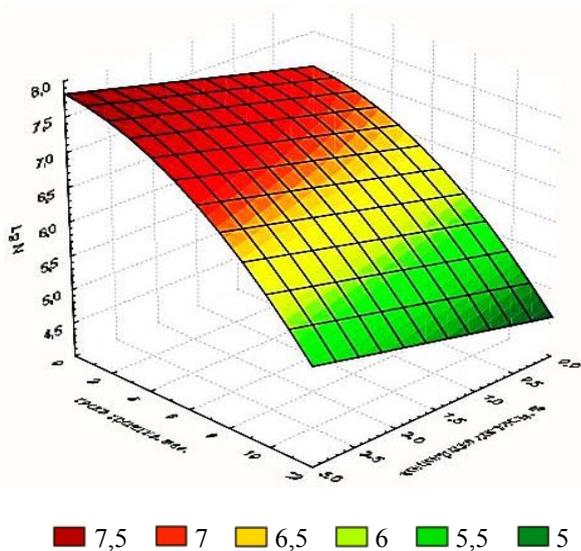


Рисунок 8 – Зависимость количества клеток (lg N, КОЕ/см³) в кисломолочном мороженом от продолжительности хранения (τ, мес) и концентрации лактулозы (%): а) поверхность отклика; б) изолинии ее сечений

Figure 8 – Dependence of cells number (lg N, CFU/cm³) in cultured ice cream on storage time (τ, months) and lactulose concentration (%): a) response surface; b) isolines of its sections

Авторами показано, что образцы мороженого с инулином проявляли более высокую устойчивость к таянию (рис. 7). При добавлении 1 % инулина массовая доля плава через 2 ч была на 10,9 %, 2 % – на 14 %, 3 % – на 19,3 % ниже по сравнению с контролем. Внесение инулина увеличивало устойчивость мороженого к таянию примерно в равной степени для концентраций 1–3 %.

Отмечено, что использование инулина оказывает положительное влияние на органолептические свойства мороженого. Мороженое с 2 % инулина имело более однородную консистенцию, кремообразную структуру, мягкий сливочный вкус, чем другие образцы, и получило самую высокую общую оценку сенсорных показателей [31].

В работе [31] также представлены результаты исследования влияния концентрации пребиотика лактулозы на выживаемость *L. acidophilus* (БК-Углич-АВ) в ферментированном мороженом. Контрольная смесь содержала 5 % жира, 10 % СОМО, 16 % сахарозы и 0,5 % стабилизатора, в экспериментальных образцах часть сахарозы (1–3 %) была заменена на сироп лактулозы, который вносили в ферментированную и охлажденную смесь. Ферментация смеси была проведена при 37 °С в течение 4 ч до рН 4,9. Зависимость количества жизнеспособных клеток *L. acidophilus* от концентрации лактулозы и времени хранения полученных образцов мороженого при –18 °С в течение 12 месяцев показана на рис. 8. Установлено, что внесение лактулозы в смесь приводит к повышению выживаемости *L. acidophilus* при замораживании и хранении. Например, в смеси без лактулозы количество клеток *L. acidophilus* после фризирования и замораживания находится на уровне  $10^7$  КОЕ/г, а через 6 месяцев хранения снижается примерно на порядок. При добавлении 1 % лактулозы количество жизнеспособных микроорганизмов (N) после фризирования составляет  $8,84 \lg N$ , а через 8 месяцев хранения было на уровне  $\lg N = 6,11$ ; 2 % –  $\lg N = 6,38$ ; 3 % –  $\lg N = 6,77$ . При повышении концентрации лактулозы выживаемость *L. acidophilus* повышается незначительно. В ходе дальнейшего хранения количество микроорганизмов во всех образцах было ниже  $6,0 \lg N$ .

Целью работы [57] было оценить возможность использования муки из якона как источника фруктоолигосахаридов для получения клубничного синбиотического мороженого с *L. acidophilus* NCFM. Контрольная смесь для мороженого содержала 89,5 % молока, 3,2 % сухого молока, 2,4 % сливок, 12 % сахара, 1,6 % клубничного ароматизатора, 0,6 % эмульгатора-стабилизатора, 0,8 % нейтрализующего вещества. В экспериментальных образцах часть молочной смеси использовали для активации закваски 0,06 и 0,13 % при 37 °С в течение 2 ч, после чего ее смешивали с основной смесью, а также часть молока 1,5 и 3 % заменяли мукой якона. Взбитость контрольного и опытных образцов находилась на уровне 30–32 %. Установлено, что физико-химические и микро-

биологические показатели полученного синбиотического мороженого соответствовали требованиям стандартов Бразилии. Показано, что образцы с 3 % якона содержали больше минеральных компонентов и жизнеспособных клеток пробиотических микроорганизмов после 150-дневного периода хранения мороженого при –18 °С. Однако добавление якона привело к снижению органолептических показателей мороженого, возможно, из-за желтоватого оттенка и песчанистого вкуса. Авторы считают, что пищевая матрица, кислотность и рН мороженого позволили сохранить жизнеспособность пробиотических микроорганизмов на уровне выше  $10^7$  КОЕ/г, что демонстрирует потенциал разработанного синбиотического мороженого [57]. По-видимому, необходима доработка рецептуры с целью улучшения консистенции, вкуса и цвета продукта.

#### 4. Способы получения и свойства мороженого с *Lactobacillus acidophilus* и бифидобактериями, другими стартерными культурами и различными функциональными ингредиентами.

Так как разные пробиотики могут оказывать различное влияние на здоровье человека, в новых видах мороженого иногда применяют сочетание *L. acidophilus* и других полезных микроорганизмов. При этом каждый штамм может иметь определенные преимущества при использовании отдельно или в комбинации с другими пробиотиками [6, 9]. Значительное количество научных статей посвящено исследованию процессов получения и свойств ацидофильного мороженого с пробиотиками и пребиотиками, пищевыми волокнами, фруктовыми, ягодными и зерновыми добавками. В первом подразделе систематизированы способы получения мороженого с *L. acidophilus* и бифидобактериями как наиболее часто применяющимся сочетанием пробиотиков (13 из 16 выявленных по теме раздела работ). Во втором подразделе рассмотрены возможности совместного применения *L. acidophilus* с другими стартерными культурами.

##### 4.1. Применение *L. acidophilus* и *Bifidobacterium* spp.

В одной из первых работ, посвященных получению пробиотического мороженого, использовали две культуры – *L. acidophilus* (10 LF, 946744A) и *Bifidobacterium bifidum* (10 LF, 946745101) [58]. Смесь, содержащую 12 % жира, 11 % СОМО, 12,5 % сахарозы, 4,5 % кукурузного сиропа и 0,32 % стабилизатора-эмульгатора, подвергали обычной (79,4 °С в течение 28 с) или более жесткой (82 °С в течение 30 мин) тепловой обработке. Затем в смесь вносили по 4 % каждой закваски, ферментировали при 42 °С в течение 5 ч до рН 4,9, добавляли 10 % ягодной ароматизирующей добавки, охлаждали, замораживали и хранили при –29 °С. Показано, что скорость роста обеих культур была выше в смеси, подвергнутой более жесткой тепловой обработке, что авторы объясняют более высоким содержанием

аминокислот и других стимулирующих веществ, а также почти стерильными условиями, более подходящими для развития заквасочных культур [58]. Количество бактерий, которое находилось в исходной смеси после ферментации на уровне  $5 \cdot 10^8$  КОЕ/см<sup>3</sup> для обеих культур, после замораживания снизилось для *L. acidophilus* в 3,3 раза, для *B. bifidum* – в 2 раза; после 17 недель хранения мороженого для *L. acidophilus* – примерно на два порядка, а для *B. bifidum* – на один порядок. За тот же период активность бета-галактозидазы в смеси снизилась примерно на 30%. Органолептическая оценка мороженого с разным уровнем pH (5,0, 5,5 и 6,0) показала, что наиболее предпочтительным для потребителей оказался продукт с pH 5,5. Метод нагревания смеси существенно не повлиял на общую сенсорную оценку мороженого, но образцы с жесткой термической обработкой смеси имели более мягкую (гладкую – smoother) консистенцию с более мелкими кристаллами льда, что объясняется денатурацией сывороточных белков и лучшим связыванием влаги [58].

В работе [59] для приготовления неферментированного мороженого применяли культуры *L. acidophilus* LA-5 и *Bifidobacterium lactis* BB-12, которые вносили перед фризированием в подготовленную смесь, содержащую 10,5 % СОМО и 35,5 % сухих веществ. Количество клеток каждой культуры находилось в пределах  $2-6 \cdot 10^7$  КОЕ/г. Степень взбивания смеси достигала 80–90 %, после фризирования смесь замораживали до  $-30$  °С. Авторы показали, что после фризирования выжило 36 % клеток *L. acidophilus* LA-5 и 43 % *B. lactis* BB-12, а через 85 дней хранения – 7 и 3 % соответственно. Установлено, что срок хранения мороженого, в течение которого количество клеток обеих культур превышает  $10^6$  КОЕ/г, составляет 90 дней. Добавление пробиотических микроорганизмов не привело к существенному изменению вкуса продукта, увеличение затрат на его производство по сравнению с традиционным мороженым составило 28 % [59].

Все остальные выявленные по теме подраздела публикации описывают получение и свойства мороженого с использованием не только *L. acidophilus* и бифидобактерий, но и целого ряда функциональных ингредиентов. Учитывая большой объем информации, материал условно разделен на три части (с применением пребиотиков и пищевых волокон, с заменой коровьего молока растительными аналогами и с добавлением других стартерных культур). Последовательность описания способов получения мороженого в подразделах – по времени опубликования. Почти все рассмотренные ниже работы (14 из 16) опубликованы за последние пять лет. Исключением являются две публикации [60] и [68], являющиеся базовыми для подразделов 4.1.1. и 4.1.3.

#### 4.1.1. Получение мороженого с *L. acidophilus* и *Bifidobacterium* spp. и добавлением пребиотиков и/или источников диетических волокон.

Культуры *L. acidophilus* LA-5 и *B. animalis* subsp. *lactis* BB-12 были использованы в работе [60] при изучении влияния олигофруктозы или инулина на реологические характеристики и выживаемость пробиотиков в низкожирном мороженом. Смесь содержала 4 % жира, 12 % обезжиренного молока, 13 % сахарозы, 0,65 % стабилизатора/эмульгатора, 4 % кукурузного сиропа. В экспериментальные образцы вносили 4 % олигофруктозы или инулина и 0,3 % пробиотических культур, ферментацию проводили в течение 4 ч при 40 °С до pH 5,5. Показано, что добавление к ферментированной смеси фруктанов не повлияло на pH, но приводило к значительному увеличению вязкости (олигофруктозы – в 1,3 раза, инулина – в 1,5 раза) и взбитости (олигофруктозы – в 1,2 раза, инулина – в 1,8 раза) смеси [60]. Как следствие, самые высокие показатели твердости и способности к плавлению мороженого были получены в опытах с инулином. После ферментации более высокое количество клеток *L. acidophilus* LA-5 (N) было получено в мороженом с олигофруктозой – на  $\Delta \lg N = 0,7$  больше, чем в образце без добавок, и на  $\Delta \lg N = 0,2$  больше, чем с инулином. Уменьшение количества клеток *L. acidophilus* LA-5 в образце без добавок после фризирования составило  $\Delta \lg = 1,7$ , в образцах с олигофруктозой –  $\Delta \lg = 2,2$ , с инулином –  $\Delta \lg = 2,2$ ; после хранения при  $-18$  °С в течение 90 дней –  $\Delta \lg = 2,6$ ,  $\Delta \lg = 2,7$  и  $\Delta \lg = 3,1$  соответственно [60]. Аналогичные закономерности получены и для бифидобактерий. Авторы сделали вывод, что только добавление олигофруктозы позволило получить необходимое количество клеток бифидобактерий ( $10^6$  КОЕ/г) в готовом продукте к концу хранения, при этом уровень выживаемости лактобацилл был ниже допустимого уровня [60]. Анализ представленных в статье данных показывает, что добавление фруктанов стимулировало развитие пробиотиков при ферментации, но не повышало выживаемость клеток при низкотемпературной обработке мороженого.

В работе [61] сравнивали три метода получения синбиотического мороженого с пробиотиками *L. acidophilus* LA-5 и *B. lactis* BB-12 и инулином (2 %) в качестве пребиотика. Смесь содержала 58 % обезжиренного молока, 4,5 % обезжиренного сухого молока, 20 % сливок 35%-ной жирности, 17 % сахарозы и 0,5 % стабилизатора. Первый образец мороженого был приготовлен с ферментацией смеси пробиотическими культурами при 37 °С до pH 5,8, второй – без ферментации смеси, третий был получен путем добавления ферментированного при 37 °С в течение 10 ч молока (10 %) в смесь для мороженого. Авторы сделали вывод о том, что третий способ подготовки смеси позволяет увеличить ее взбитость и количество пробиотических бактерий в готовом мороженом после 16 недель хранения при  $-20$  °С, а также улучшить сенсорные свойства синбиотического мороженого [61]. Однако анализ приведенных в статье данных показывает, что снижение количества клеток пробиотиков (N, КОЕ/г) в мороженом после 16 недель для образцов

с ферментацией и без ферментации всей смеси было примерно одинаковым (около  $\Delta \lg N = 0,03$ ), а для образцов с ферментацией части молока –  $\Delta \lg N = 0,02$ . При этом самая высокая оценка вкуса мороженого была получена для образцов без ферментации смеси [61]. Можно отметить, что чем выше была кислотность смеси, тем ниже оценка вкуса и запаха образцов, что свидетельствует о неприятии потребителями кислого вкуса мороженого.

Влияние различных фруктовых и зерновых добавок, богатых диетическими волокнами, на неферментированное мороженое с *L. acidophilus* LA-5 и *B. animalis* subsp. *lactis* BB-12 изучено в работе [62]. Смесь содержала 11,5 % сухого молока, 11 % сливок, 16 % сахарозы и различные количества добавок, в контроль был добавлен инулин (2 и 4 %). Показано, что побочные продукты переработки винограда, абрикосов, яблок, риса, кукурузы и подсолнечника могут использоваться для повышения выживаемости пробиотиков *L. acidophilus* LA-5 в мороженом при фризировании и хранении без какого-либо неблагоприятного воздействия на физико-химические, микробиологические и сенсорные показатели мороженого по сравнению с контрольными образцами.

В другой работе [63] оценивали влияние диетических волокон, полученных из яблок, апельсинов, овса, бамбука и пшеницы, на свойства ферментированного мороженого и выживаемость в нем культур *L. acidophilus* LA-5 и *B. animalis* subsp. *lactis* BB-12. Смесь содержала 6 % молочного жира, 12 % СОМО, 16 % сахарозы, 0,6 % стабилизатора/эмульгатора и 2 % пищевых волокон. После добавления пробиотических культур в количестве  $10^8$  КОЕ/г смесь была ферментирована в течение 3,5 ч при 40 °С до достижения pH 5,5. Показано, что добавление апельсиновых и яблочных волокон улучшило реологические свойства смесей и сопротивление мороженого к таянию по сравнению с контролем и другими экспериментальными образцами, но отрицательно повлияло на оценку потребителями вкуса и цвета мороженого. Самые высокие органолептические показатели (вкус и текстура) сразу после приготовления мороженого получили образцы с овсяным, бамбуковым и пшеничным волокнами. К концу хранения (180 дней) образцов при –18 °С количество жизнеспособных клеток *L. acidophilus* осталось на уровне  $10^7$  КОЕ/г в контрольном образце и образцах с яблочным, овсяным и пшеничным волокнами, в этих же образцах лучше выжили и бифидобактерии – их количество превышало  $10^6$  КОЕ/г в течение 150 дней хранения. Добавление апельсинового и бамбукового волокон привело к снижению жизнеспособности обеих пробиотических культур при замораживании и хранении мороженого [63]. По-видимому, для достижения наилучшего эффекта по всем показателям в рецептурах пробиотического мороженого целесообразно использовать сочетание различных пищевых волокон.

#### 4.1.2. Получение замороженных десертов с *L. acidophilus* и *Bifidobacterium* spp. и заменой коровьего молока на растительные аналоги.

Для получения немолочного пробиотического мороженого десерта на основе асаи (*açai*, *Euterpe oleracea* – пальма рода Эвтерпа, культивируется в Бразилии ради съедобной сердцевины и плодов, богатых полезными веществами) в работе [64] применяли культуры *L. acidophilus* LA-5 и *B. animalis* subsp. *lactis* BB-12, для синбиотического продукта добавляли инулин. Контрольная смесь для мороженого содержала 65,8 % пульпы асаи, 16,5 % сиропа гуараны, 14 % воды, 3,2 % сахарозы, 0,5 % стабилизатора-эмульгатора. В экспериментальных пребиотических и синбиотических образцах часть растительного сырья была заменена на инулин (5,9 %). В образцах пробиотического и синбиотического десерта перед фризированием вносили 0,07 % закваски *L. acidophilus* LA-5 и 0,07 % закваски *B. animalis* subsp. *lactis* BB-12. Показано, что добавление инулина повышало органолептические показатели десертов и выживаемость пробиотических культур, особенно бифидобактерий, в течение всего срока хранения продукта (84 дня при –18 °С). Количество жизнеспособных клеток *L. acidophilus* к концу срока хранения было выше  $10^7$  КОЕ/г в про- и синбиотических десертах, для *B. animalis* этот показатель был ниже, достигая  $10^6$  КОЕ/г только в синбиотическом образце [64].

Влияние растительного молока на выживаемость пробиотической микрофлоры ферментированного мороженого в условиях желудочно-кишечного тракта было изучено в работе [65]. Девять смесей для мороженого, полученных из коровьего, соевого, кокосового молока и их комбинаций, содержали от 7,31 до 10,37 % жира, 7 % сухого молока, 17 % сахарозы, 0,6 % стабилизатора, 0,1 % ванилина и 9,62 % воды. В смеси вносили 4 % закваски *L. acidophilus* LA-5 и *Bifidobacterium bifidum* BB-12 и подвергали ферментации при 42 °С до pH 5,5. Показано, что желудочный сок приводит к постепенному снижению жизнеспособности пробиотиков. Жизнеспособность *L. acidophilus* после 120 мин воздействия желудочным соком (pH = 2) составила 72,87–97,34 %, *Bifidobacterium bifidum* 92,84–98,3 %. Отмечено, что самый высокий процент выживаемости LA-5 и BB-12 обнаружен в образцах мороженого на основе соевого молока и его комбинаций. Воздействие кишечного сока с содержанием 0,3 % желчных солей значительно снизило жизнеспособность пробиотиков. Выживаемость бактерий *L. acidophilus* после 120 мин воздействия кишечного сока (pH = 8) составила 41,0–70,2 %, *Bifidobacterium bifidum* – 62,5–85,83 % от исходного количества. Высокий процент выживаемости бифидобактерий отмечен в мороженом с 50 % соевого и коровьего молока, для LA-5 – в мороженом с 100 % содержанием соевого или коровьего молока. Установлено, что внесение соевого молока значительно повышает жизнеспособность пробиотических бактерий в условиях

желудочно-кишечного тракта. Авторы объясняют это тем, что соевые белки образуют стабильные белковые сети, которые создают поверхностно-активный слой толщиной 30–40 нм, увеличивающий защиту клеток пробиотических бактерий [65].

Культуры *L. acidophilus* LA-5 и *Bifidobacterium bifidum* BB-12 были использованы в работе [66] при изучении влияния замены коровьего молока растительным на развитие пробиотической микрофлоры и изменение содержания свободных аминокислот и углеводов в мороженом. Девять смесей для мороженого, полученные из коровьего, соевого и кокосового молока, а также их комбинации содержали от 7,31 до 10,37 % жира, 7 % сухого молока, 17 % сахарозы, 9,62 % воды и 0,6 % стабилизатора. В смеси вносили 4 % каждой закваски и 0,1 % ванилина, затем делили на две равные части. Одну часть подвергали фризерованию, вторую ферментировали при 42 °С до pH 5,5. Показано, что в ферментированном мороженом на основе растительного молока количество клеток пробиотических культур BB-12 и LA-5 на 1,2 и 1,29 lg выше по сравнению с мороженым из коровьего молока. Во всех видах неферментированного мороженого количество пробиотических лактобацилл было одинаковым, а количество бифидобактерий в мороженом из растительного молока было на 0,29 lg выше, чем в мороженом из коровьего молока. Установлено, что в мороженом на основе растительного молока ферментативная активность микроорганизмов LA-5 и BB-12 по отношению к лактозе и сахарозе выражена сильнее, чем в мороженом на основе коровьего молока. Показано, что стимулирование роста и активности пробиотиков может быть обусловлено наличием в соевом и кокосовом молоке таких аминокислот, как аспарагин, глутамин, гистидин, пролин, серин [66].

В другой работе [67] было получено синбиотическое яблочное мороженое на молочной или соевой основе с использованием культур *L. acidophilus* LA-5 и *B. animalis* BB-12 и изучена их сопротивляемость к смоделированным условиям желудочно-кишечного тракта. Смесь содержала 10 % сухого обезжиренного молока, 54,52 % воды, 19,4 % концентрированного яблочного сока, 6 % фруктоолигосахаридов, 4 % сахарозы, 3 % глюкозы, 2 % пальмового масла, 0,4 % эмульгатора, 0,3 % лимонной кислоты, 0,08 % натурального яблочного наполнителя, 0,08 % гуаровой камеди, 0,08 % ксантановой камеди, 0,04 % каррагинана. В экспериментальные образцы вносили соевый экстракт, изолят сывороточных белков и инулин в различных комбинациях. Перед созреванием в охлажденную до 40 °С смесь вносили по 0,5 % каждой закваски, перемешивали, охлаждали до 4 °С и хранили в течение 20 ч. После фризирования мороженое хранили при –18 °С в течение 84 дней. Показано, что среднее значение pH в образцах мороженого в течение срока хранения варьировалось от 4,66 до 5,28. Среднее количество жизнеспособных бактерий *L. acidophilus* LA-5 на конец срока хранения мороженого составило

7,89 lg, *B. animalis* BB-12 – 8,18 lg. Отмечено, что в образцах мороженого с соевым экстрактом наблюдались самые высокие показатели выживаемости обеих пробиотических культур. При изучении резистентности пробиотических культур к агрессивным условиям желудочно-кишечного тракта было использовано моделирование и ПЦР анализ в реальном времени. Установлено, что через 6 ч анализа количество клеток *L. acidophilus* LA-5 и *B. animalis* BB-12 снизилось в среднем на 4,2 lg. Несмотря на это коэффициент выживаемости превышал 50 %, что свидетельствовало о довольно высокой устойчивости пробиотических бактерий LA-5 и BB-12 к условиям желудочно-кишечного тракта. Добавление инулина и изолята сывороточных белков не привело к увеличению выживаемости пробиотических культур, в то время как применение соевого концентрата повышало их жизнеспособность [67].

#### 4.1.3. Получение мороженого с *L. acidophilus* и *Bifidobacterium* spp. совместно с другими, в т. ч. йогуртовыми, культурами.

Влияние концентрации сахарозы и инулина на йогуртное пробиотическое мороженое исследовано в работе [68]. Смесь для мороженого содержала цельное молоко 45 %, сливки 15 %, обезжиренное сухое молоко 7,4 %, сахар 15, 18 или 21 %, стабилизатор 0,5 %, ванилин 0,1 % и воду 10 %. После созревания в смесь добавляли 10 % молока, ферментированного при 37 °С в течение 12 ч стартерной культурой, содержащей *Streptococcus salivarius* spp. *thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus*, *Lactobacillus acidophilus* LA-14, *Bifidobacterium lactis* BL-01 и 1 или 2 % инулина. Показано, что повышение концентрации сахара улучшало физико-химические свойства смеси и сенсорные свойства мороженого. Количество бактерий было самым высоким при 18%-ной концентрации сахара. Добавление инулина повысило вязкость смеси и время плавления мороженого, а также стимулировало рост *L. acidophilus* и *B. Lactis* при ферментации и их выживаемость при хранении мороженого [56].

К культурам *L. acidophilus* LA-5 и *Bifidobacterium lactis* BB-12 при получении шоколадного мороженого из козьего молока был добавлен другой пробиотик – *Propionibacterium jensenii* 702 [69]. Часть пастеризованного козьего молока (15 %) инокулировали тремя культурами с последующей анаэробной инкубацией при 37 °С в течение 1 ч. Для хранения мороженого применяли разные упаковочные материалы: полипропилен, полиэтилен и стекло. Процесс замораживания смеси при изготовлении мороженого привел к уменьшению числа жизнеспособных клеток всех пробиотиков (для *L. acidophilus* LA-5 – на 44 %, *B. lactis* BB-12 – на 34 %, *P. jensenii* 702 – на 11 %), однако их количество оставалось на уровне от 10<sup>7</sup> до 10<sup>8</sup> КОЕ/г в течение 52 недель хранения мороженого при –20 °С независимо от типа упаковки. Упаковочные материалы оказали значительное влияние на время плавления мороженого, однако влияние упаковки не было очевидным в отношении других физико-

химических свойств и сенсорных характеристик продукта [69].

Влияние инулина на свойства йогуртного мороженого, полученного с использованием пробиотиков *Lactobacillus acidophilus* и *Bifidobacterium lactis* BB-12, изучено в работе [70]. Пастеризованное молоко, содержащее 2,5 % жира и стандартизированное до 11 % СОМО с использованием сухого обезжиренного молока, охлаждали до 42 °С, после чего инокулировали закваской для йогурта и пробиотическими культурами (0,03 %), а затем инкубировали при 42 °С до концентрации молочной кислоты 0,8 %. Йогурт охлаждали до температуры 7 °С и смешивали в соотношении 70:30 с раствором, содержащим 16 % сахара, обезжиренное сухое молоко (для корректировки содержания сухих веществ смеси до 30 %) и 0,2 % эмульгатора/стабилизатора; в экспериментальные образцы добавляли 1 или 2 % инулина. Смесь фризеровали и замораживали. Показано, что добавление инулина значительно улучшает взбитость, вязкость смеси и устойчивость мороженого к таянию. Внесение 2 % инулина существенно повышает выживаемость пробиотических культур и органолептические показатели готового продукта [70].

#### 4.2. Применение *L. acidophilus* и других стартерных культур (без бифидобактерий).

Для приготовления мороженого в работе [71] в качестве пробиотиков использовали *L. acidophilus* NCDC 14 и/или *Saccharomyces boulardii*, в качестве пребиотиков – фруктоолигосахариды (ФОС, 3 %) и концентрат сывороточных белков (КСБ, 4,6 %). В составе смеси в качестве постоянных компонентов использовались: молоко 71 %, масло 8,9 %, сахароза 15 %, стабилизатор/эмульгатор 0,3 %, сухое обезжиренное молоко 41–46 %. Ферментация смесей, содержащих 10 % жира и 36 % сухих веществ, проводилась после внесения заквасок в количестве 4 % для каждой культуры при 37 °С до разного уровня pH (4,5; 5,0; 5,5). Показано, что раздельное и совместное внесение *L. acidophilus* и *S. boulardii* не оказывает существенного влияния на вкус мороженого из-за его высокой буферности [71]. Добавление КСБ улучшило общую сенсорную оценку пробиотического мороженого. Более высокая скорость плавления отмечена в образцах пробиотического и синбиотического мороженого, что может объясняться различиями в точке замерзания и вязкости смесей [71]. Пробиотические культуры лучше развивались в смеси и выживали в мороженом при совместном использовании, однако в этом случае нужно учитывать наличие в этих образцах ФОС, которые также способствовали росту и сохранению жизнеспособности культур при их отдельном использовании. После хранения мороженого при температуре от –18 до –23 °С в течение 15 дней количество клеток *L. acidophilus* N уменьшилось на  $\Delta \lg N = 1,38$ , в присутствии КСБ – на  $\Delta \lg N = 1,02$ , в присутствии КСБ и ФОС – на  $\Delta \lg N = 1,13$ , в присутствии ФОС и *S. boulardii* – на  $\Delta \lg N = 1,12$ . Во всех образцах мороженого

количество *L. acidophilus* оставалось выше рекомендуемого терапевтического минимального предела ( $10^6$  КОЕ/г). При исследовании фекалий добровольцев, употреблявших различные образцы мороженого, уже через неделю было обнаружено значимое снижение уровня pH и увеличение клеток *L. acidophilus*, особенно при использовании образцов, содержащих обе пробиотические культуры и ФОС [71].

Для получения йогуртного синбиотического мороженого в работе [72] кроме закваски, содержащей *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* и *Streptococcus thermophilus*, были использованы пробиотик *L. acidophilus* LA-5 и пребиотики фруктоолигосахариды (ФОС). Приготовленный на основе обезжиренного молока йогурт смешивали в соотношении 3:2 со смесью для мороженого, содержащей сухое обезжиренное молоко, 15 % сахарозы, 9,43 % сливок 30%-ной жирности, 0,3 % эмульгатора, 0,2 % стабилизатора и 0,1 % ванилина. В экспериментальные образцы добавляли ФОС в количестве 4 и 8 %, перед фризированием вносили пробиотик в свободной или инкапсулированной альгинатом форме. Показано, что внесение в смесь ФОС приводит к существенному снижению pH и увеличению степени взбитости смеси, особенно в образцах с инкапсулированной формой пробиотика. Сразу после фризирования и замораживания количество свободных клеток *L. acidophilus* LA-5 N независимо от концентрации ФОС снизилось на порядок, инкапсулированных – на  $\Delta \lg N = 0,6$ . После 60 дней хранения мороженого при –18 °С в образцах с разным содержанием ФОС наблюдалось снижение количества свободных клеток пробиотика еще на два порядка, инкапсулированных – на  $\Delta \lg N = 0,5$ . Авторы сделали вывод о том, что инкапсулирование альгинатными микрогранулами защищает клетки *L. acidophilus* LA-5 от повреждения в процессе производства и хранения мороженого [72].

В работе [73] для получения пробиотического и синбиотического мороженого использовали *Lactobacillus acidophilus* TISTR 1338 и *Lactobacillus casei* TISTR 1463. Перед фризированием в смесь, содержащую 65,2 % молока, 8,69 % сливок, 6,76 % сухого обезжиренного молока, 11,59 % сахара, 1,93 % кукурузной муки, 0,03 % гуаровой камеди и 0,97 % яичного желтка, вносили свободные и иммобилизованные на банановой муке (4,83 %) пробиотические бактерии. Концентрация клеток каждой культуры достигала  $10^8$  КОЕ/г. Показано, что добавление иммобилизованных клеток обеспечивает мороженому взбитость в пределах 41–46 % и снижает скорость таяния на 1,06–1,16 %. Авторы объясняют это тем, что банановая мука имеет повышенное содержание крахмала и инулина, которые в свою очередь характеризуются высокой влагоудерживающей способностью. Отмечено, что иммобилизованные клетки не влияют на значения pH и органолептические показатели мороженого. Хранение образцов мороженого при –18 °С в течение 50 дней не

оказало значительного влияния на снижение жизнеспособности свободных и иммобилизованных клеток бактерий. Количество жизнеспособных клеток *L. casei* и *L. acidophilus* составило 8,60 и 8,47 lg на конец срока хранения мороженого. Иммобилизация клеток повлияла на выживаемость пробиотических культур незначительно ( $p > 0,05$ ). В имитируемых условиях желудочно-кишечного тракта жизнеспособность свободных и иммобилизованных клеток *L. casei* и *L. acidophilus* снизилась на один порядок. Установлено, что оба пробиотика обладают высокой кислото- и желчустойчивостью [73].

### Выводы

Среди продуктов функционального питания мороженое считается одним из наиболее перспективных средств доставки в организм человека широкого спектра функциональных ингредиентов. Это связано с особенностями состава и структуры мороженого как подходящей матрицы для включения биологически активных веществ и полезных микроорганизмов, его низкотемпературным хранением, при котором не протекают нежелательные химические и микробиологические процессы, а также привлекательностью для разных групп потребителей. С другой стороны, способность бактерий вида *Lactobacillus acidophilus* использовать сахарозу и выдерживать высокое осмотическое давление, активно вырабатывать экзополисахариды, молочную кислоту и бактериоцины, толерантность к кислороду, доказанные пробиотические свойства делают эти молочнокислые микроорганизмы наиболее подходящими для включения в новые виды полезного для здоровья мороженого.

Классификация способов получения мороженого с *L. acidophilus*, разработанная на основе анализа систематизированных в данной статье материалов, представлена на рис. 9.

Форма и способ внесения <i>L. acidophilus</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• свободная</li> <li>• без ферментации смеси</li> <li>• с ферментацией смеси</li> <li>• инкапсулированная</li> </ul>
Применение других микроорганизмов	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Bifidobacterium</i> spp.</li> <li>• <i>L. bulgaricus</i>, <i>S. thermophilus</i></li> <li>• <i>Propionibacterium</i></li> <li>• <i>Saccharomyces boulardii</i></li> </ul>
Применение олиго- и полисахаридов	<ul style="list-style-type: none"> <li>• инулин, олигофруктоза</li> <li>• фруктоолигосахариды</li> <li>• неперевариваемые пищевые волокна</li> <li>• лактулоза и др.</li> </ul>
Применение других пищевых ингредиентов	<ul style="list-style-type: none"> <li>• сывороточные белки</li> <li>• фрукты, ягоды, яблон, бананы</li> <li>• мед, нерафинированный сахар</li> <li>• соевое и кокосовое молоко, асая и др.</li> </ul>

Рисунок 9 – Классификация способов получения мороженого с *L. acidophilus*

Figure 9 – Classification of ice cream with *L. acidophilus* production methods

Самая простая форма внесения *L. acidophilus* в смесь для мороженого – в виде бактериального концентрата (DVS) в созревшую смесь непосредственно перед фризированием. Преимуществом полученного таким способом неферментированного мороженого является сохранение традиционных органолептических показателей, к которым привык потребитель. К недостаткам относится быстрая гибель клеток *L. acidophilus* при взбивании и замораживании при длительном хранении мороженого. Одно из решений этой проблемы – инкапсулирование клеток, защищающее их от холодового, кислородного стрессов и механических повреждений. Это направление является многообещающим, но пока мало исследовано для мороженого с *L. acidophilus*. Гораздо лучше изучены возможности ферментации смеси для повышения устойчивости этих бактерий к неблагоприятным условиям производства мороженого. Ферментацию можно рассматривать как способ естественной адаптации *L. acidophilus* к высокому осмотическому давлению смеси и низким значениям pH, которая может способствовать и повышению устойчивости культуры к низким температурам.

При ферментации смеси *L. acidophilus* существенно меняются ее физико-химические и реологические свойства (снижаются pH и содержание сухих веществ, повышаются титруемая кислотность и вязкость), что может привести к снижению степени взбитости смеси, ухудшению структуры мороженого и его органолептической оценки. Особенно плохо потребитель воспринимает непривычно кислый вкус мороженого. Однако технология мороженого позволяет жестко контролировать высокую кислотообразующую способность гомоферментативных термобактерий *L. acidophilus*, т.к. резкое охлаждение и последующее замораживание смеси позволяет прекратить нарастание кислотности и предупредить постокисление в продукте. Проблема слишком кислого вкуса может быть также решена с помощью ферментации части смеси или только ее молочной части, а также путем совместного применения с другими культурами (менее активными кислотообразователями) и пищевыми добавками, обладающими буферными свойствами.

Сочетание в мороженом пробиотических штаммов *L. acidophilus* и пребиотиков позволяет решать сразу несколько задач. Добавление в смесь инулина, олигофруктозы, фруктоолигосахаридов приводит к повышению ее вязкости и взбитости, улучшению органолептических показателей и устойчивости мороженого к плавлению, а также к более высокому количеству жизнеспособных клеток пробиотиков после замораживания и хранения готового продукта. Добавление лактулозы перед фризированием дает возможность не только обогатить мороженое пребиотическим компонентом, но и частично компенсировать снижение сладости (из-за ферментации сахарозы)

мороженого без увеличения его калорийности и обеспечить криозащиту *L. acidophilus*.

Учитывая растущую среди населения разных стран популярность продуктов из натурального сырья без каких-либо добавок, перспективным направлением можно считать обогащение мороженого с *L. acidophilus* ягодами, фруктами, зерновыми культурами и продуктами их переработки, являющимися естественными источниками витаминов, пребиотических олигосахаридов, пищевых волокон, минеральных веществ и антиоксидантов. Замена молочного сырья на его растительные аналоги, в частности на соевое и кокосовое молоко, позволяет получать вкусные и полезные замороженные десерты для людей с аллергией на компоненты молока и лактозной непереносимостью.

Анализ способов получения мороженого с *L. acidophilus* и другими стартерными культурами показал, что наиболее изученным является совместное применение двух штаммов – *L. acidophilus* LA-5 (регистрационный номер DSM13241) и *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* BB-12 (DSM15954). Появляются работы, посвященные применению других штаммов и видов микроорганизмов, однако оценка их влияния друг на друга и на свойства мороженого затруднена из-за сложности рецептур, содержащих различные сырьевые источники и функциональные ингредиенты.

Обобщая данные исследований мороженого с *L. acidophilus* разных авторов, можно сказать, что основными изучаемыми факторами являются концентрация сахарозы, способ внесения *L. acidophilus* (и др. культур), взбитость смеси, температура и время хранения мороженого, вид и концентрация добавок (чаще всего растительного происхождения). К наиболее важным выходным параметрам можно отнести структурно-механические, органолептические показатели

мороженого и выживаемость пробиотических культур при его получении и хранении. Следует отметить, что выводы о влиянии различных факторов на взбитость смесей для мороженого и жизнеспособность *L. acidophilus* достаточно противоречивы, что можно объяснить сложностью состава смесей и разными технологическими параметрами получения мороженого, не всегда точно и подробно описанными в публикациях.

Отдельные работы были посвящены изучению влияния способов получения мороженого с *L. acidophilus* на физиологические свойства культуры, в частности на ее выживаемость в условиях кишечного тракта. Получены данные о более высокой устойчивости *L. acidophilus* из мороженого, чем из йогурта, к кислой среде и желчи, о повышении концентрации и активности клеток лактобацилл и бифидобактерий после употребления мороженого с *L. acidophilus* и одновременном снижении количества клостридий и кишечных палочек. Значительная часть таких исследований была проведена *in vitro*, однако для подтверждения пользы для здоровья и статуса пробиотического продукта необходимы также клинические исследования с участием добровольцев.

Анализ публикаций последних лет позволяет предположить, что для исследователей актуальными останутся вопросы получения пробиотического и синбиотического мороженого с *L. acidophilus* с сохранением коллоидной и структурной целостности продукта, вкуса, запаха и консистенции, приемлемых для потребителя, с необходимым уровнем жизнеспособности культуры и ее полезных физиологических свойств. Для успешного внедрения новых технологий и продвижения полезного мороженого с *L. acidophilus* необходимо также уделять внимание повышению информированности потребителей, дизайну и рекламе новых видов продуктов.

#### Список литературы

1. Probiotic dairy products as functional foods / D. Granato [et al.] // Food Science and Food Safety. – 2010. – Vol. 9, № 5. – P. 455–470. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2010.00120.x>.
2. Ice cream as a probiotic food carrier / Cruz A. G. [et al.] // Food Research International. – 2009. – Vol. 42. – P. 1233–1239. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.03.020>.
3. Functional dairy probiotic food development: trends, concepts, and products / A. Homayouni [et al.] // Probiotics / E. Rigobelo ed. – London : IntechOpen, 2012. – P. 978–953. <https://doi.org/10.5772/48797>.
4. Soukoulis, C. Ice cream as a vehicle for incorporating health-promoting ingredients: conceptualization and overview of quality and storage stability aspect / C. Soukoulis, I. D. Fisk, T. Bohn // Food Science and Food Safety. – 2014. – Vol. 13. – P. 627–655. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12083>.
5. Expert consensus document: the international scientific association for Probiotics and Prebiotics consensus statement on the scope and appropriate use of the term probiotic / C. Hill [et al.] // Gastroenterology and Hepatology. – 2014. – Vol. 11, № 8. – P. 506–514. <https://doi.org/10.1038/ngastro.2014.66>.
6. Pandey, K. R. Probiotics, prebiotics and synbiotics-a review / K. R. Pandey, S. R. Naik, B. V. Vakil // Food Science and Technology. – 2015. – Vol. 52, № 12. – P. 7577–7587. <https://doi.org/10.1007/s13197-015-1921-1>.
7. Markowiak, P. Effects of probiotics, prebiotics, and synbiotics on human health / P. Markowiak, K. Ślizewska // Nutrients. – 2017. – Vol. 9, № 9. – P. 897–908. <https://doi.org/10.3390/nu9091021>.
8. Mind-altering with the gut: modulation of the gut-brain axis with probiotics / Kim N. [et al.] // Journal of Microbiology. – 2018. – Vol. 56, № 3. – P. 172–182. <https://doi.org/10.1007/s12275-018-8032-4>.
9. Influence of functional food components on gut health / M. L. Y. Wan [et al.] // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. – 2018. – P. 1–10. <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1433629>.

10. Probiotics and paraprobiotics in viral infection: clinical application and effects on the innate and acquired immune systems / O. Kanauchi [et al.] // Current Pharmaceutical Design. – 2018. – Vol. 24. – P. 1–8. <https://doi.org/10.2174/1381612824666180116163411>.
11. Some current applications, limitations and future perspectives of lactic acid bacteria as probiotics / S. E. Evivie [et al.] // Food and Nutritional Research. – 2017. – Vol. 61, № 1. <https://doi.org/10.1080/16546628.2017.1318034>.
12. The life history of *Lactobacillus acidophilus* as a probiotic: a tale of revisionary taxonomy, misidentification and commercial success / M. Bull [et al.] // FEMS Microbial Letters. – 2013. – Vol. 349, № 2. – P. 77–87. <https://doi.org/10.1111/1574-6968.12293>.
13. Factors influencing probiotic survival in ice cream: a review / A. Homayouni [et al.] // Dairy Science. – 2012. – Vol. 7. – P. 1–10. <https://doi.org/10.3923/ijds.2012.1.10.40>.
14. Soukoulis, C. Sensory profiling and hedonic judgement of probiotic ice cream as a function of hydrocolloids, yogurt and milk fat content / C. Soukoulis, E. Lyroni, C. Tzia // LWT-Food Science and Technology. – 2010. – Vol. 3, № 9. – P. 1351–1358. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.05.006>.
15. Lactic acid bacteria and Bifidobacteria with potential to design natural biofunctional health-promoting dairy foods / D. M. Linares [et al.] // Frontiers in Microbiology. – 2017. – Vol. 8. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.00846>.
16. Fijan, S. Microorganisms with claimed probiotic properties: an overview of recent literature / S. Fijan // Environmental Research and Public Health. – 2014. – Vol. 11, № 5. – P. 4745–4767. <https://doi.org/10.3390/ijerph110504745>.
17. Hammes, W. P. The genera *Lactobacillus* and *Carnobacterium* / W. P. Hammes, C. Hertel // The Prokaryotes / M. Dworkin [et al.], – Vol. 4, 3rd ed. – New York : Springer, 2006. – P. 320–403.
18. Altermann, E. Complete genome sequence of the probiotic lactic acid bacterium *Lactobacillus acidophilus* NCFM / E. Altermann, W. M. Russell, M. A. Azcarate-Peril // Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. – 2005. – Vol. 102, № 11. – P. 3906–3912. <https://doi.org/10.1073/pnas.0409188102>.
19. Shah, N. P. Functional cultures and health benefits / N. P. Shah // International Dairy Journal. – 2007. – Vol. 17, № 11. – P. 1262–1277. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2007.01.014>.
20. Antimicrobial activity-the most important property of probiotic and starter lactic acid bacteria / J. Suskovic [et al.] // Food Technology and Biotechnology. – 2010. – Vol. 48, № 3. – P. 296–307.
21. *Lactobacillus acidophilus*: characterization of the species and application in food production / N. Anjum [et al.] // Food Science and Nutrition. – 2014. – Vol. 54, № 9. – P. 1241–1251. <https://doi.org/10.1080/10408398.2011.621169>.
22. Sanders, M. E. Invited review: the scientific basis of *Lactobacillus acidophilus* NCFM functionality as a probiotic / M. E. Sanders, T. R. Klaenhammer // Dairy Science. – 2001. – Vol. 84, № 2. – P. 319–331.
23. Регистр лекарственных средств России. Лактобактерии ацидофильные (*Lactobacillus acidophilus*) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.rlsnet.ru/mnn\\_index\\_id\\_3502.htm](https://www.rlsnet.ru/mnn_index_id_3502.htm). – Дата обращения: 03.02.2018.
24. Феклисова, Л. В. Применение лактозосодержащих пробиотиков: оценка многолетнего использования Аципола в педиатрической практике / Л. В. Феклисова // Consilium Medicum. Педиатрия (Прил.). – 2007. – № 2. – С. 123–127.
25. Ивашкина, Н. Ю. Оригинальный отечественный пробиотик аципол: молекулярно-биологические и метаболические характеристики / Н. Ю. Ивашкина, С. Г. Ботина // Российский журнал гастроэнтерологии, гепатологии, колопроктологии. – 2009. – № 2. – С. 58–64.
26. Kneifel, W. Acidophilus milk. Encyclopedia of food sciences and nutrition / W. Kneifel, C. Bonaparte. – 2nd ed. – San Diego : Academic Press, 2003. – 6406 p.
27. Банникова, Л. А. Микробиологические основы молочного производства / Л. А. Банникова, Н. С. Королева, В. Ф. Семенихина. – М. : Агропромиздат, 1987. – 400 с.
28. Полянская, И. С. Антагонистическая активность пробиотических штаммов: факторы регулирования / И. С. Полянская, Л. Г. Стоянова, В. Ф. Семенихина // Молочная промышленность. – 2017. – № 1. – С. 42–44.
29. Грунская, В. А. Творожные продукты, обогащенные пробиотической микрофлорой / В. А. Грунская, Д. А. Конева // Молочная промышленность. – 2017. – № 8. – С. 41–43.
30. Донская, Г. А. Напитки кисломолочные, обогащенные сывороточными белками / Г. А. Донская, В. М. Дрожжин, В. В. Морозова // Молочная промышленность. – 2017. – № 6. – С. 68–70.
31. Ахмедова, В. Р. Научное обоснование способа получения кисломолочного мороженого с пребиотическими компонентами / В. Р. Ахмедова, С. А. Рябцева, М. А. Шпак // Техника и технология пищевых производств. – 2015. – № 4. – С. 5–11.
32. Effect of type of protein-based microcapsules and storage at various ambient temperatures on the survival and heat tolerance of spray dried *Lactobacillus acidophilus* / D. Dianawati [et al.] // Food Science. – 2017. – Vol. 82, № 9. – P. 2134–2141. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.13820>.
33. Barat, A. Growth of probiotic bacteria and characteristics of fermented milk containing fruit matrices / A. Barat, T. Ozcan // Dairy Technology. – 2017. – Vol. 116, № 1. – P. 174–181. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12391>.
34. Antioxidant properties of probiotic fermented milk supplemented with chestnut flour (*Castanea sativa* Mill) / T. Ozcan [et al.] // Food Processing Preservation. – 2017. – Vol. 41, № 5. – P. 1–9. <https://doi.org/10.1111/jfpp.13156>.
35. Neish, A. S. Probiotics of the acidophilus group: *Lactobacillus acidophilus*, *delbrueckii* subsp. *bulgaricus* and *johnsonii* / A. S. Neish // The Microbiota in Gastrointestinal Pathophysiology. – 2017. – P. 71–78. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804024-9.00006-9>.
36. Effect of *Lactobacillus* on body weight and body fat in overweight subjects: a systematic review of randomized controlled clinical trials / L. Crovesy [et al.] // Obesity reviews. – 2017. – Vol. 41, № 11. – P. 1607–1614. <https://doi.org/10.1038/ijo.2017.161>.
37. Proteomics analysis of the adhesion activity of *Lactobacillus acidophilus* ATCC 4356 upon growth in an intestine-like pH environment / Z. Wu [et al.] // Proteomics. – 2018. – Vol. 18, № 5-6. <https://doi.org/10.1002/pmic.201700308>.

38. Yang, K. Metabolomics study reveals enhanced inhibition and metabolic dysregulation in *Escherichia coli* induced by *Lactobacillus acidophilus*-fermented black tea extract / K. Yang, M. L. Duley, J. Zhu // *Agricultural and Food Chemistry*. – 2018. – Vol. 6. – P. 1386–1393. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b04752>.
39. Complete genome sequence and genomic characterization of *Lactobacillus acidophilus* LA-1 (11869BP) / W. H. Chung [et al.] // *Frontiers in Pharmacology*. – 2018. – Vol. 9, № 83. <https://doi.org/10.3389/fphar.2018.00083>.
40. A novel purified *Lactobacillus acidophilus* 20079 exopolysaccharide, LA-EPS-20079, molecularly regulates both apoptotic and NF- $\kappa$ B inflammatory pathways in human colon cancer / N. M. El-Deeb [et al.] // *Microbial Cell Factories*. – 2018. – Vol. 17, № 29. <https://doi.org/10.1186/s12934-018-0877-z>.
41. Growth and survival of some probiotic strains in simulated ice cream conditions / A. Homayouni [et al.] // *Applied Sciences*. – 2008. – Vol. 8, № 2. – P. 379–382. <https://doi.org/10.3923/jas.2008.379.382>.
42. *In vitro* analysis of gastrointestinal tolerance and intestinal cell adhesion of probiotics in goat's milk ice cream and yogurt / R. C. Senaka [et al.] // *Food Research International*. – 2012. – Vol. 49, № 2. – P. 619–625. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.09.007>.
43. Viability of the probiotic *Lactobacillus acidophilus* LA-5 in ice cream: effect of lactose hydrolysis and overrun / R. L. Chiquetti [et al.] // *Food Research International*. – 2016. – Vol. 23, № 6. – P. 2631–2637.
44. Chaikham, P. Combined effects of low-fat ice cream supplemented with probiotics on colon microfloral communities and their metabolites during fermentation in a human gut reactor / P. Chaikham, P. Rattanasena // *Food Bioscience*. – 2017. – Vol. 17. – P. 35–41. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2016.12.005>.
45. Nousia, F. G. Survival of *Lactobacillus acidophilus* LMGP-21381 in probiotic ice cream and its influence on sensory acceptability / F. G. Nousia, P. I. Androulakis, D. J. Fletouris // *Dairy Technology*. – 2011. – Vol. 64. – P. 130–136. <https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2010.00645.x>.
46. Viability of *Lactobacillus acidophilus* ATCC 4356 incorporated into ice cream using three different methods / A. A. Arslan [et al.] // *Dairy Science and Technology*. – 2016. – Vol. 96. – P. 477–487. <https://doi.org/10.1007/s13594-016-0282-5>.
47. Application of cold-and heat-adapted *Lactobacillus acidophilus* in the manufacture of ice cream / F. Ergina [et al.] // *International Dairy Journal*. – 2016. – Vol. 59. – P. 72–79. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2016.03.004>.
48. Abghari, A. Nonfermented ice cream as a carrier for *Lactobacillus acidophilus* and *Lactobacillus rhamnosus* / A. Abghari, M. Sheikh-Zeinoddin, S. Soleimani-Zad // *Food Science and Technology*. – 2011. – Vol. 46. – P. 84–92. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2010.02453.x>
49. Sensory acceptance and survival of probiotic bacteria in ice cream produced with different overrun levels / J. L. Ferraz [et al.] // *Food Science*. – 2012. – Vol. 71. – P. 24–28. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2011.02508.x>.
50. Арсеньева, Т. П. Справочник технолога молочного производства. Технология и рецептуры. Т. 4. Мороженое // Т. П. Арсеньева. – СПб. : ГИОРД, 2002. – 184 с.
51. Влияние вида заквасочной микрофлоры на свойства смеси для кисломолочного мороженого / В. П. Ахмедова [и др.] // *Вестник Северо-Кавказского федерального университета*. – 2013. – № 6. – С. 84–87.
52. Пребиотики как функциональные пищевые ингредиенты: терминология, критерии выбора и сравнительной оценки, классификация / А. Г. Храпцов [и др.] // *Вопросы питания*. – 2018. – Т. 87, № 1. – С. 5–17.
53. *In vivo* and *in vitro* effect of *Lactobacillus acidophilus* in synbiotic ice cream enriched with whey protein concentrate / C. Pandiyan [et al.] // *International Food Research Journal*. – 2012. – Vol. 19, № 2. – P. 441–446.
54. Application of *Lactobacillus acidophilus* (LA-5) strain in fruit-based ice cream / S. A. Senanayake [et al.] // *Food Science and Nutrition*. – 2013. – Vol. 1, № 6. – P. 428–431. <https://doi.org/10.1002/fsn3.66>.
55. Greenbaum, A. Effect of honey a natural sweetener with several medicinal properties on the attributes of a frozen dessert containing the probiotic *Lactobacillus acidophilus* / A. Greenbaum, K. J. Aryana // *Open Journal of Medical Microbiology*. – 2013. – Vol. 3, № 2. – P. 95–99. <https://doi.org/10.4236/ojmm.2013.32015>.
56. Low, R. H. P. Effects of different levels of refined cane sugar and unrefined coconut palm sugar on the survivability of *Lactobacillus acidophilus* in probiotic ice cream and its sensory and antioxidant properties / R. H. P. Low, A. S. Baba, F. Aboulfazli // *Food Science and Technology Research*. – 2015. – Vol. 21, № 6. – P. 857–862. <https://doi.org/10.3136/fstr.21.857>.
57. Synbiotic ice cream containing yacon flour and *Lactobacillus acidophilus* NCFM LWT / G. Parussoloa [et al.] // *Food Science and Technology*. – 2017. – Vol. 82. – P. 192–198. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.04.049>.
58. Hekmat, S. Survival of *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium bifidum* in ice cream for use as a probiotic food / S. Hekmat, D. J. McMahon // *Dairy Science*. – 1992. – Vol. 75, № 6. – P. 1415–1422. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(92\)77895-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(92)77895-3).
59. Corrales, A. Survival of probiotic microorganisms *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium lactis* in whipped ice cream / A. Corrales, M. Henderson, I. Morales // *Revista Chilena de Nutrición*. – 2007. – Vol. 34, № 2. – P. 157–163.
60. Akalin, A. S. Effects of inulin and oligofructose on the rheological characteristics and probiotic culture survival in low-fat probiotic ice cream / A. S. Akalin, D. Erişir // *Food Science*. – 2008. – Vol. 73, № 4. – P. 184–188. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2008.00728.x>.
61. Golestani, M. Comparison of three treatments (two fermented treatments and one nonfermented treatment) in production of synbiotic ice cream / M. Golestani, R. Pourahmad // *Food Processing and Preservation*. – 2016. – Vol. 41, № 2. – P. 128–139. <https://doi.org/10.1111/jfpp.12839>.
62. Probiotic properties of ice creams produced with dietary fibres from by-products of the food industry / A. Ayar [et al.] // *Dairy Technology*. – 2017. – Vol. 71, № 1. – P. 174–182. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12387>.
63. Enrichment of probiotic ice cream with different dietary fibers: structural characteristics and culture viability / A. S. Akalin [et al.] // *Dairy Science*. – 2018. – Vol. 101, № 1. – P. 37–46. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13468>.

64. Innovative açai (*Euterpe oleracea*, Mart., Arecaceae) functional frozen dessert exhibits high probiotic viability throughout shelf-life and supplementation with inulin improves sensory acceptance / B. G. Vasconcelos [et al.] // *Food Science and Biotechnology*. – 2014. – Vol. 23, № 6. – P. 1843–1849. <https://doi.org/10.1007/s10068-014-0252-8>.
65. Aboufazli, F. Effect of vegetable milk on survival of probiotics in fermented ice cream under gastrointestinal conditions / F. Aboufazli, A. S. Baba // *Food Science and Technology Research*. – 2015. – Vol. 21, № 3. – P. 391–397. <https://doi.org/10.3136/fstr.21.391>.
66. Aboufazli, F. Effects of the replacement of cow milk with vegetable milk on the count of probiotics and changes in sugar and amino acid contents in fermented ice creams / F. Aboufazli, A. B. Shori, A. S. Baba // *Food Science and Technology*. – 2016. – Vol. 70. – P. 261–270. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.02.056>.
67. *In vitro* gastrointestinal resistance of *Lactobacillus acidophilus* LA-5 and *Bifidobacterium animalis* BB-12 in soy and/or milk-based synbiotic apple ice creams / N. S. Matias [et al.] // *Food Microbiology*. – 2016. – Vol. 234. – P. 83–93.
68. Akin, M. B. Effects of inulin and sugar levels on the viability of yogurt and probiotic bacteria and the physical and sensory characteristics in probiotic ice cream / M. B. Akin, M. S. Akin, Z. Kirmaci // *Food Chemistry*. – 2007. – Vol. 104, № 1. – P. 93–99. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.11.030>.
69. Production of probiotic ice cream from goat's milk and effect of packaging materials on product quality / S. Ranadheera [et al.] // *Small Ruminant Research*. – 2013. – Vol. 112. – P. 174–180. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2012.12.020>.
70. Effect of inulin on the physicochemical properties, flow behavior and probiotic survival of frozen yogurt / R. Rezaei [et al.] // *Food Science and Technology*. – 2014. – Vol. 51, № 10. – P. 2809–2814. <https://doi.org/10.1007/s13197-012-0751-7>.
71. Development of synbiotic ice cream incorporating *Lactobacillus acidophilus* and *Saccharomyces boulardii* / C. Pandiyan [et al.] // *International Food Research Journal*. – 2012. – Vol. 19, № 3. – P. 1233–1239.
72. Synbiotic yogurt-ice cream produced via incorporation of microencapsulated *Lactobacillus acidophilus* (LA-5) and fructooligosaccharide / A. Ahmadi [et al.] // *Food Science and Technology*. – 2014. – Vol. 51, № 8. – P. 1568–1574. <https://doi.org/10.1007/s13197-012-0679-y>.
73. Phuapaiboon, P. Immobilization of probiotic bacteria with banana flour and effect on quality of synbiotic ice cream and survival under simulated gastrointestinal conditions / P. Phuapaiboon // *Carpathian journal of food science and technology*. – 2016. – Vol. 8, № 4. – P. 33–46.

#### References

- Granato D., Branco G.F., Cruz A.G., Faria J.A.F., Shah N.P. Probiotic dairy products as functional foods. *Food Science and Food Safety*, 2010, vol. 9, no. 5, pp. 455–470. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2010.00120.x>.
- Cruz A.G., Antunes A.E.C., Sousa A.L.O.P., Faria J.A.F., Saad S.M.I. Ice cream as a probiotic food carrier. *Food Research International*, 2009, vol. 42, pp. 1233–1239. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.03.020>.
- Homayouni A., Alizadeh M., Alikhah H., Zijah V. Functional dairy probiotic food development: trends, concepts, and products. In: E. Rigobelo ed. *Probiotics*. London: IntechOpen, 2012, pp. 978–953. <https://doi.org/10.5772/48797>.
- Soukoulis C., Fisk I.D., Bohn T. Ice cream as a vehicle for incorporating health-promoting ingredients: conceptualization and overview of quality and storage stability aspect. *Food Science and Food Safety*, 2014, vol. 13, pp. 627–655. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12083>.
- Hill C., Guarner F., Reid G., et al. Expert consensus document: the international scientific association for Probiotics and Prebiotics consensus statement on the scope and appropriate use of the term probiotic. *Gastroenterology and Hepatology*, 2014, vol. 11, no. 8, pp. 506–514. <https://doi.org/10.1038/nrgastro.2014.66>.
- Pandey K.R., Naik S.R., Vakil B.V. Probiotics, prebiotics and synbiotics-a review. *Food Science and Technology*, 2015, vol. 52, no. 12, pp. 7577–7587. <https://doi.org/10.1007/s13197-015-1921-1>.
- Markowiak P., Śliżewska K. Effects of probiotics, prebiotics, and synbiotics on human health. *Nutrients*, 2017, vol. 9, no. 9, pp. 897–908. <https://doi.org/10.3390/nu9091021>.
- Kim N., Yun M., Oh Y.J., Choi H.J. Mind-altering with the gut: modulation of the gut-brain axis with probiotics. *Journal of Microbiology*, 2018, vol. 56, no. 3, pp. 172–182. <https://doi.org/10.1007/s12275-018-8032-4>.
- Wan M.L.Y., Ling K.H., El-Nezami H., Wang M.F. Influence of functional food components on gut health. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2018, pp. 1–10. <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1433629>.
- Kanauchi O., Andoh A., AbuBakar S., Yamamoto N. Probiotics and paraprobiotics in viral infection: clinical application and effects on the innate and acquired immune systems. *Current Pharmaceutical Design*, 2018, vol. 24, pp. 1–8. <https://doi.org/10.2174/1381612824666180116163411>.
- Evivie S.E., Huo G.C., Igene J.O., Bian X. Some current applications, limitations and future perspectives of lactic acid bacteria as probiotics. *Food and Nutritional Research*, 2017, vol. 61, no. 1. <https://doi.org/10.1080/16546628.2017.1318034>.
- Bull M., Plummer S., Marchesi J., Mahenthalingam E. The life history of *Lactobacillus acidophilus* as a probiotic: a tale of revisionary taxonomy, misidentification and commercial success. *FEMS Microbial Letters*, 2013, vol. 349, no. 2, pp. 77–87. <https://doi.org/10.1111/1574-6968.12293>.
- Homayouni A., Azizi A., Javadi M., Mahdipour S., Ejtahed H. Factors influencing probiotic survival in ice cream: a review. *Dairy Science*, 2012, vol. 7, pp. 1–10. <https://doi.org/10.3923/ijds.2012.1.10.40>.
- Soukoulis C., Lyroni E., Tzia C. Sensory profiling and hedonic judgement of probiotic ice cream as a function of hydrocolloids, yogurt and milk fat content. *LWT - Food Science and Technology*, 2010, vol. 3, no. 9, pp. 1351–1358. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.05.006>.
- Linares D.M., Gómez C., Renes E., et al. Lactic acid bacteria and Bifidobacteria with potential to design natural biofunctional health-promoting dairy foods. *Frontiers in Microbiology*, 2017, vol. 8. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.00846>.

16. Fijan S. Microorganisms with claimed probiotic properties: an overview of recent literature. *Environmental Research and Public Health*, 2014, vol. 11, no. 5, pp. 4745–4767. <https://doi.org/10.3390/ijerph110504745>.
17. Hammes W.P., Hertel C. The genera *Lactobacillus* and *Carnobacterium*. In: Dworkin M., Falkow S., Rosenberg E., Schleifer K.-H., Stackebrandt E. (eds) *The Prokaryotes*, Vol. 4, 3rd ed. New York: Springer, 2006, pp. 320–403.
18. Altermann E., Russell W.M., Azcarate-Peril M.A. Complete genome sequence of the probiotic lactic acid bacterium *Lactobacillus acidophilus* NCFM. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2005, vol. 102, no. 11, pp. 3906–3912. <https://doi.org/10.1073/pnas.0409188102>.
19. Shah N.P. Functional cultures and health benefits. *International Dairy Journal*, 2007, vol. 17, no. 11, pp. 1262–1277. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2007.01.014>.
20. Suskovic J., Kos B., Beganovic J., et al. Antimicrobial activity—the most important property of probiotic and starter lactic acid bacteria. *Food Technology and Biotechnology*, 2010, vol. 48, no. 3, pp. 296–307.
21. Anjum N., Maqsood S., Masud T., et al. *Lactobacillus acidophilus*: characterization of the species and application in food production. *Food Science and Nutrition*, 2014, vol. 54, no. 9, pp. 1241–1251. <https://doi.org/10.1080/10408398.2011.621169>.
22. Sanders M.E., Klaenhammer T.R. Invited review: the scientific basis of *Lactobacillus acidophilus* NCFM functionality as a probiotic. *Dairy Science*, 2001, vol. 84, no. 2, pp. 319–331.
23. Registr lekarstvennykh sredstv Rossii. *Laktobakterii acidofil'nye (Lactobacillus acidophilus)* [Russian pharmaceutical products register. *Lactobacillus acidophilus (Lactobacillus acidophilus)*]. Available at: [https://www.rlsnet.ru/mnn\\_index\\_id\\_3502.htm](https://www.rlsnet.ru/mnn_index_id_3502.htm). (accessed 3 February 2018).
24. Feklisova L.V. Primeneniye laktozosoderzhashchikh probiotikov: otsenka mnogoletnego ispol'zovaniya Atsipola v pediatricheskoy praktike. [Lactose-containing prebiotics application: evaluation of Acipol long-term application in pediatrics]. *Consilium Medicum. Pediatriya (Prilozheniye)* [Consilium Medicum. Pediatrics (Appendix)], 2007, no. 2, pp. 123–127.
25. Ivashkina N.Yu., Botina S.G. Original'nyy otechestvennyy probiotik atsipol: molekulyarno-biologicheskiye i metabolicheskiye kharakteristiki [Original Russian probiotic Acipol: molecular-biologic and metabolic characteristics]. *Rossiyskiy zhurnal gastroenterologii, gepatologii, koloproktologii* [The Russian Journal of Gastroenterology, Hepatology, Coloproctology], 2009, no. 2, pp. 58–64.
26. Kneifel W., Bonaparte C. *Acidophilus milk*. *Encyclopedia of food sciences and nutrition*. 2nd ed. San Diego: Academic Press, 2003. 6406 p.
27. Bannikova L.A., Koroleva N.S., Semnihina V.F. *Mikrobiologicheskie osnovy molochnogo proizvodstva* [Microbiological basics of dairy products production]. Moscow: Agropromizdat Publ., 1987. 400 p.
28. Polyanskaya I.S., Stoyanova L.G., Semnihina V.F. Antagonisticheskaya aktivnost' probioticheskikh shtammov: faktory regulirovaniya [Antagonistic activity of probiotic strains: factors of regulation]. *Molochnaya promyshlennost'* [Dairy Industry], 2017, no. 1, pp. 42–44.
29. Grunskaya V.A., Koneva D.A. Tvorozhnyye produkty, obogashchennyye probioticheskoy mikrofloroy [Curds products enriched with probiotic microflora]. *Molochnaya promyshlennost'* [Dairy Industry], 2017, no. 8, pp. 41–43.
30. Donskaya G.A., Drozhzhin V.M., Morozova V.V. Napitki kislomolochnyye, obogashchennyye syvorotochnymi belkami [Fermented milks fortified with whey proteins]. *Molochnaya promyshlennost'* [Dairy Industry], 2017, no. 6, pp. 68–70.
31. Akhmedova V.R., Ryabtseva S.A., Shpak M.A. Nauchnoye obosnovaniye sposoba polucheniya kislomolochnogo morozhenogo s prebioticheskimi komponentami [Scientific rationale for producing fermented ice cream with prebiotic components]. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv* [Food Processing: Techniques and Technology], 2015, no. 4, pp. 5–11.
32. Dianawati D., Lim S.F., Ooi Y.B., Shah N.P. Effect of type of protein-based microcapsules and storage at various ambient temperatures on the survival and heat tolerance of spray dried *Lactobacillus acidophilus*. *Food Science*, 2017, vol. 82, no. 9, pp. 2134–2141. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.13820>.
33. Barat A., Ozcan T. Growth of probiotic bacteria and characteristics of fermented milk containing fruit matrices. *Dairy Technology*, 2017, vol. 116, no. 1, pp. 174–181. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12391>.
34. Ozcan T., Yilmaz-Ersan L., Akpınar-Bayazit A., Delikanlı B. Antioxidant properties of probiotic fermented milk supplemented with chestnut flour (*Castanea sativa* Mill). *Food Processing Preservation*, 2017, vol. 41, no. 5, pp. 1–9. <https://doi.org/10.1111/jfpp.13156>.
35. Neish A.S. Probiotics of the acidophilus group: *Lactobacillus acidophilus*, *Delbrueckii* subsp. *bulgaricus* and *Johnsonii*. *The Microbiota in Gastrointestinal Pathophysiology*, 2017, pp. 71–78. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804024-9.00006-9>.
36. Crovesy L., Ostrowski M., Ferreira D.M.T.P., Rosado E.L., Soares-Mota M. Effect of *Lactobacillus* on body weight and body fat in overweight subjects: a systematic review of randomized controlled clinical trials. *Obesity Reviews*, 2017, vol. 41, no. 11, pp. 1607–1614. <https://doi.org/10.1038/ijo.2017.161>.
37. Wu Z., Wang G., Wang W., et al. Proteomics analysis of the adhesion activity of *Lactobacillus acidophilus* ATCC 4356 upon growth in an intestine-like pH environment. *Proteomics*, 2018, vol. 18, no. 5-6. <https://doi.org/10.1002/pmic.201700308>.
38. Yang K., Duley M.L., Zhu J. Metabolomics study reveals enhanced inhibition and metabolic dysregulation in *Escherichia coli* induced by *Lactobacillus acidophilus*-fermented black tea extract. *Agricultural and Food Chemistry*, 2018, vol. 6, pp. 1386–1393. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b04752>.
39. Chung W.H., Kang J., Lim M.Y., et al. Complete genome sequence and genomic characterization of *Lactobacillus acidophilus* LA-1 (11869BP). *Frontiers in Pharmacology*, 2018, vol. 9, no. 83. <https://doi.org/10.3389/fphar.2018.00083>.
40. El-Deeb N.M., Yassin A.M., Al-Madboly L.A., El-Hawiet A. A novel purified *Lactobacillus acidophilus* 20079 exopolysaccharide, LA-EPS-20079, molecularly regulates both apoptotic and NF-κB inflammatory pathways in human colon cancer. *Microbial Cell Factories*, 2018, vol. 17, no. 29. <https://doi.org/10.1186/s12934-018-0877-z>.

41. Homayouni A., Ehsani M.R., Azizi A., Razavi S.H., Yarmand M.S. Growth and survival of some probiotic strains in simulated ice cream conditions. *Applied Sciences*, 2008, vol. 8, no. 2, pp. 379–382. <https://doi.org/10.3923/jas.2008.379.382>.
42. Senaka R.C., Evansa C.A., Adams M.C., Baines S.K. *In vitro* analysis of gastrointestinal tolerance and intestinal cell adhesion of probiotics in goat's milk ice cream and yogurt. *Food Research International*, 2012, vol. 49, no. 2, pp. 619–625. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.09.007>.
43. Chiquetti R.L., Castro E.M., Valério G.D., et al. Viability of the probiotic *Lactobacillus acidophilus* LA-5 in ice cream: effect of lactose hydrolysis and overrun. *Food Research International*, 2016, vol. 23, no. 6, pp. 2631–2637.
44. Chaikhram P., Rattanasena P. Combined effects of low-fat ice cream supplemented with probiotics on colon microfloral communities and their metabolites during fermentation in a human gut reactor. *Food Bioscience*, 2017, vol. 17, pp. 35–41. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2016.12.005>.
45. Nousia F.G., Androulakis P.I., Fletouris D.J. Survival of *Lactobacillus acidophilus* LMGP-21381 in probiotic ice cream and its influence on sensory acceptability. *Dairy Technology*, 2011, vol. 64, pp. 130–136. <https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2010.00645.x>.
46. Arslan A.A., Gocer E.M.C., Demir M., et al. Viability of *Lactobacillus acidophilus* ATCC 4356 incorporated into icecream using three different methods. *Dairy Science and Technology*, 2016, vol. 96, pp. 477–487. <https://doi.org/10.1007/s13594-016-0282-5>.
47. Ergina F., Atamer Z., Arslan A.A., et al. Application of cold-and heat-adapted *Lactobacillus acidophilus* in the manufacture of ice cream. *International Dairy Journal*, 2016, vol. 59, pp. 72–79. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2016.03.004>.
48. Abghari A., Sheikh-Zeinoddin M., Soleimanian-Zad S. Nonfermented ice cream as a carrier for *Lactobacillus acidophilus* and *Lactobacillus rhamnosus*. *Food Science and Technology*, 2011, vol. 46, pp. 84–92. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2010.02453.x>.
49. Ferraz J.L., Cruz A.G., Cadena R.S., et al. Sensory acceptance and survival of probiotic bacteria in ice cream produced with different overrun levels. *Food Science*, 2012, vol. 71, pp. 24–28. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2011.02508.x>.
50. Arsen'yeva T.P. *Spravochnik tekhnologa molochnogo proizvodstva. Tekhnologiya i retseptury. T. 4. Morozhenoye* [Dairy production engineer reference book. Technology and recipes. Vol. 4. Ice Cream]. St.Petersburg: GIOR Publ., 2002. 184 p.
51. Akhmedova V.R., Ryabtseva S.A., Evdokimov I.A., Anisimov G.S. Vliyaniye vida zakvasochnoy mikroflory na svoystva smesi dlya kislomolochnogo morozhenogo [Influence of type starter culture on the properties of the fermented ice cream mixture]. *Vestnik Severo-Kavkazskogo federal'nogo universiteta* [Newsletter of North-Caucasus State Technical University], 2013, no. 6, pp. 84–87.
52. Khrantsov A.G., Ryabtseva S.A., Budkevich R.O., et al. Prebiotiki kak funktsional'nyye pishchevyye ingredienty: terminologiya, kriterii vybora i sravnitel'noy otsenki, klassifikatsiya [Prebiotics as functional food ingredients: terminology, choice and comparative evaluation criteria, classification]. *Voprosy pitaniya* [Nutricion Problems], 2018, vol. 87, no. 1, pp. 5–17.
53. Pandiyan C., Annal Villi R., Kumaresan G., Murugan B, Gopalakrishnamurthy T.R. *In vivo* and *in vitro* effect of *Lactobacillus acidophilus* in synbiotic ice cream enriched with whey protein concentrate. *International Food Research Journal*, 2012, vol. 19, no. 2, pp. 441–446.
54. Senanayake S.A., Fernando S., Bamunuarachchi A., Arsekularatne M. Application of *Lactobacillus acidophilus* (LA-5) strain in fruit-based ice cream. *Food Science and Nutrition*, 2013, vol. 1, no. 6, pp. 428–431. <https://doi.org/10.1002/fsn3.66>.
55. Greenbaum A., Aryana K.J. Effect of honey a natural sweetener with several medicinal properties on the attributes of a frozen dessert containing the probiotic *Lactobacillus acidophilus*. *Open Journal of Medical Microbiology*, 2013, vol. 3, no. 2, pp. 95–99. <https://doi.org/10.4236/ojmm.2013.32015>.
56. Low R.H.P., Baba A.S., Aboulfazli F. Effects of different levels of refined cane sugar and unrefined coconut palm sugar on the survivability of *Lactobacillus acidophilus* in probiotic ice cream and its sensory and antioxidant properties. *Food Science and Technology Research*, 2015, vol. 21, no. 6, pp. 857–862. <https://doi.org/10.3136/fstr.21.857>.
57. Parussoloa G., Busatto R.T., Schmitt J., et al. Synbiotic ice cream containing yacon flour and *Lactobacillus acidophilus* NCFM LWT. *Food Science and Technology*, 2017, vol. 82, pp. 192–198. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.04.049>.
58. Hekmat S., McMahon D.J. Survival of *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium bifidum* in ice cream for use as a probiotic food. *Dairy Science*, 1992, vol. 75, no. 6, pp. 1415–1422. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(92\)77895-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(92)77895-3).
59. Corrales A., Henderson M., Morales I. Survival of probiotic microorganisms *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium lactis* in whipped ice cream. *Revista Chilena de Nutrición*, 2007, vol. 34, no. 2, pp. 157–163.
60. Akalın A.S., Erişir D. Effects of inulin and oligofructose on the rheological characteristics and probiotic culture survival in low-fat probiotic ice cream. *Food Science*, 2008, vol. 73, no. 4, pp. 184–188. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2008.00728.x>.
61. Golestani M., Pourahmad R. Comparison of three treatments (two fermented treatments and one nonfermented treatment) in production of synbiotic ice cream. *Food Processing and Preservation*, 2016, vol. 41, no. 2, pp. 128–139. <https://doi.org/10.1111/jfpp.12839>.
62. Ayar A., Sıçramaz H., Öztürk S., Öztürk Y.S. Probiotic properties of ice creams produced with dietary fibres from by-products of the food industry. *Dairy Technology*, 2017, vol. 71, no. 1, pp. 174–182. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12387>.
63. Akalın A.S., Kesenkas H., Dinkci N., et al. Enrichment of probiotic ice cream with different dietary fibers: structural characteristics and culture viability. *Dairy Science*, 2018, vol. 101, no. 1, pp. 37–46. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13468>.
64. Vasconcelos B.G., Martinez R.C.R., Alves de Castro I., Saad S.M.I. Innovative açai (Euterpe oleracea, Mart., Arecaceae) functional frozen dessert exhibits high probiotic viability throughout shelf-life and supplementation with inulin improves sensory acceptance. *Food Science and Biotechnology*, 2014, vol. 23, no. 6, pp 1843–1849. <https://doi.org/10.1007/s10068-014-0252-8>.
65. Aboulfazli F., Baba A.S. Effect of vegetable milk on survival of probiotics in fermented ice cream under gastrointestinal conditions. *Food Science and Technology Research*, 2015, vol. 21, no. 3, pp. 391–397. <https://doi.org/10.3136/fstr.21.391>.

66. Aboulfazli F., Shori A.B., Baba A.S. Effects of the replacement of cow milk with vegetable milk on the count of probiotics and changes in sugar and amino acid contents in fermented ice creams. *Food Science and Technology*, 2016, vol. 70, pp. 261–270. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.02.056>.
67. Matias N.S., Padilha M., Bedani R., Saad S.M.I. *In vitro* gastrointestinal resistance of *Lactobacillus acidophilus* LA-5 and *Bifidobacterium animalis* BB-12 in soy and/or milk-based synbiotic apple ice creams. *Food Microbiology*, 2016, vol. 234, pp. 83–93.
68. Akin M.B., Akin M.S., Kirmaci Z. Effects of inulin and sugar levels on the viability of yogurt and probiotic bacteria and the physical and sensory characteristics in probiotic ice cream. *Food Chemistry*. 2007, vol. 104, no. 1, pp. 93–99. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.11.030>.
69. Ranadheera S., Evans C.A., Adams M.C., Baines S.K. Production of probiotic ice cream from goat's milk and effect of packaging materials on product quality. *Small Ruminant Research*, 2013, vol. 112, pp. 174–180. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2012.12.020>.
70. Rezaei R., Khomeiri M., Aalami M., Kashaninejad M. Effect of inulin on the physicochemical properties, flow behavior and probiotic survival of frozen yogurt. *Food Science and Technology*, 2014, vol. 51, no. 10, pp. 2809–2814. <https://doi.org/10.1007/s13197-012-0751-7>.
71. Pandiyan C., Annal V.R., Kumaresan G., Murugan B., Gopalakrishnamurthy T.R. Development of synbiotic ice cream incorporating *Lactobacillus acidophilus* and *Saccharomyces boulardii*. *International Food Research Journal*, 2012, vol. 19, no. 3, pp. 1233–1239.
72. Ahmadi A., Milani E., Madadlou A., et al. Synbiotic yogurt-ice cream produced via incorporation of microencapsulated *Lactobacillus acidophilus* (LA-5) and fructooligosaccharide. *Food Science and Technology*, 2014, vol. 51, no. 8, pp. 1568–1574. <https://doi.org/10.1007/s13197-012-0679-y>.
73. Phuapaiboon P. Immobilization of probiotic bacteria with banana flour and effect on quality of synbiotic ice cream and survival under simulated gastrointestinal conditions. *Carpathian journal of food science and technology*, 2016, vol. 8, no. 4, pp. 33–46.

**Рябцева Светлана Андреевна**

д-р техн. наук, профессор кафедры прикладной биотехнологии, ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский технический университет», 355009, Россия, г. Ставрополь, ул. Пушкина, 1, тел.: +7 (8652) 95-68-08, e-mail: info@ncfu.ru

<https://orcid.org/0000-0001-9803-8709>

**Ахмедова Валида Рафиг кызы**

канд. техн. наук, инженер Центра биотехнологического инжиниринга, ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский технический университет», 355009, Россия, г. Ставрополь, ул. Пушкина, 1, тел.: +7 (8652) 95-68-08, e-mail: info@ncfu.ru

<https://orcid.org/0000-0002-3997-1301>

**Анисимов Георгий Сергеевич**

канд. техн. наук, директор Центра биотехнологического инжиниринга, ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский технический университет», 355009, Россия, г. Ставрополь, ул. Пушкина, 1, тел.: +7 (8652) 95-68-08, e-mail: info@ncfu.ru

<https://orcid.org/0000-0001-9257-9571>

**Svetlana A. Ryabtseva**

Dr.Sci.(Eng.), Professor of the Department of Applied Biotechnology, North-Caucasus Federal University, 1, Pushkina Str., Stavropol, 355009, Russia, phone: +7 (8652) 95-68-08, e-mail: info@ncfu.ru

<https://orcid.org/0000-0001-9803-8709>

**Valida R. Akhmedova**

Cand.Sci.(Eng.), Engineer of the Center of Biotechnological Engineering, North-Caucasus Federal University, 1, Pushkina Str., Stavropol, 355009, Russia, phone: +7 (8652) 95-68-08, e-mail: info@ncfu.ru

<https://orcid.org/0000-0002-3997-1301>

**Georgiy S. Anisimov**

Cand.Sci.(Eng.), Director of the Center of Biotechnological Engineering, North-Caucasus Federal University, 1, Pushkina Str., Stavropol, 355009, Russia, phone: +7 (8652) 95-68-08, e-mail: info@ncfu.ru

<https://orcid.org/0000-0001-9257-9571>



<https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-2-28-35>  
УДК 637.1:66.022.32

## ИЗУЧЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЛАКТАТСОДЕРЖАЩИХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ОВОЩЕЙ

В. В. Евелева\* , Т. М. Черпалова , Е. А. Шиповская 

Всероссийский научно-исследовательский институт пищевых добавок – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В. М. Горбатова» РАН, 191014, Россия, г. Санкт-Петербург, Литейный пр-т, 55

Дата поступления в редакцию: 12.04.2018

Дата принятия в печать: 21.05.2018

\*e-mail: v.eveleva@yandex.ru



© В. В. Евелева, Т. М. Черпалова, Е. А. Шиповская, 2018

**Аннотация.** Общим признаком салатной продукции является наличие в составе нарезанных компонентов овощного сырья. Нарезка способствует проникновению поверхностной микрофлоры в глубинные слои продукта. Определяющим условием хранимостности салатной продукции является гигиеническая чистота сырьевых компонентов. К наиболее эффективным способам повышения хранимостности салатов относится первичная обработка овощного сырья растворами средств, обладающих антимикробным действием. Представлены информационные данные по использованию растворов перекиси водорода и надуксусной кислоты, гипохлорита натрия, а также композиций, содержащих перекисные соединения, уксусную, бензойную, сорбиновую, аскорбиновую, лимонную, молочную и другие кислоты и их соли и включающих гуанидиновые соединения. Отмечено, что антимикробное действие технологических вспомогательных средств на основе лактатсодержащих компонентов существенно повышается при введении в их состав полимерных катиоактивных соединений. Целью исследования является изучение эффективности применения новых технологических вспомогательных средств в процессе обработки сырых очищенных нарезанных овощей для снижения микробной обсемененности и повышения их хранимостности на стадии ожидания термической обработки (варки). Испытаны средства, основу которых составляют лактатсодержащие компоненты. Определены физико-химические и физические показатели средств и их водных растворов: активная кислотность (рН), титруемая кислотность, массовая доля воды и летучих веществ, динамическая вязкость, поверхностное натяжение. Представлены данные, характеризующие изменение поверхностного натяжения водных растворов средств на границе раздела фаз вода – воздух в зависимости от их концентрации. Приведены показатели качества и микробиологические показатели сырых очищенных нарезанных овощей после их обработки растворами технологических вспомогательных средств. Установлено, что обработка сырых очищенных нарезанных овощей с применением технологического вспомогательного средства на основе лактатсодержащих компонентов обеспечивает пролонгирование сроков их годности до 48 ч по сравнению с 3 ч по действующей технологии.

**Ключевые слова.** Технологические вспомогательные средства, сырые очищенные нарезанные овощи, безопасность, хранимостность

**Для цитирования:** Евелева, В. В. Изучение эффективности применения лактатсодержащих технологических вспомогательных средств для обработки овощей / В. В. Евелева, Т. М. Черпалова, Е. А. Шиповская // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 2. – С. 28–35. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-2-28-35>.

## EFFECTIVENESS OF LACTATE-CONTAINING PROCESSING AIDS APPLICATION IN VEGETABLE TREATMENT

V.V. Eveleva\* , T.M. Cherpalova , E.A. Shipovskaya 

All-Russian Research Institute for Food Additives – Branch of V.M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of RAS, 55, Liteyny Ave., St. Petersburg, 191014, Russia

Received: 12.04.2018

Accepted: 21.05.2018

\*e-mail: v.eveleva@yandex.ru



© V.V. Eveleva, T.M. Cherpalova, E.A. Shipovskaya, 2018

**Abstract.** Common characteristic of salad products is presence of cut raw vegetables in its composition. Cold cutting helps surface microorganisms penetrate into deep layers of the product. Hygienic cleanliness of raw ingredients is the major factor which contributes to storage stability of salad products. One of the most effective methods that helps enhance salad storage stability is initial treatment of vegetable raw materials with antimicrobial solutions. The author presents information on using solutions of hydrogen peroxide and peroxyacetic acid, sodium hypochlorite and compositions containing peroxide compounds and acetic, benzoic, sorbic, ascorbic, citric, lactic and other acids as well as their salts and containing guanidylic compounds. The article reveals that

antimicrobial action of lactate-containing processing aids improves sufficiently if polymer cation-active compounds are introduced into their composition. The goal of the research is to study application effectiveness of new processing aids for treatment of raw peeled cut vegetables to reduce bacterial content and enhance storage stability before thermal treatment (boiling). The author tested the aids based on lactate-containing components. Physicochemical and physical parameters of the aids and their aqueous solutions are the following: active acidity (pH), titratable acidity, water and volatiles mass fraction, dynamic viscosity, surface tension. The article presents the data which characterize change in surface tension of aqueous solutions of the aids at the water-air interface depending on their concentration. It also gives quality indicators and microbial parameters of raw peeled cut vegetables after their processing with solutions of the aids. It was found out that treatment of raw peeled cut vegetables with processing aids based on lactate containing components prolongs their shelf life from 3 hours according to the applicable technology up to 48 hours.

**Keywords.** Processing auxiliary aids, raw cut peeled vegetables, safety, storage stability

**For citation:** Eveleva V.V., Cherpalova T.M., Shipovskaya E.A. Effectiveness of lactate-containing processing aids application in vegetable treatment. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2018, vol. 48, no. 2, pp. 28–35 (In Russ.). <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-2-28-35>.

## Введение

Салатный бизнес молод, и не только в России. В Европе готовые салаты начали продавать лет 15–20 назад. Объем мирового рынка салатов составляет около 10,5 миллиардов долларов, при этом более половины всего производства приходится на Китай. США и Китай вместе обеспечивают около 70 % мирового производства салатов. В России совокупный годовой оборот данного рынка оценивается в 400 миллионов долларов. Отличительной особенностью бизнеса по производству салатов является постоянно растущий спрос, обусловленный в большей степени ускоренным темпом жизни, и высокая рентабельность, обеспеченная низкой себестоимостью продуктов, входящих в состав салатов.

Салаты как промышленная продукция представляют собой сочетание продуктов, доведенных до кулинарной готовности. Особенностью их изготовления является то, что весь технологический процесс осуществляется в нестерильных помещениях с использованием нестерильного сырья разной степени обсеменения микроорганизмами. Общим признаком салатной продукции является наличие в ее составе нарезанных компонентов. Увеличенная площадь соприкосновения продукта с воздухом способствует проникновению поверхностной микрофлоры в глубинные слои с доступными для нее питательными веществами нарезанных компонентов. При первичной обработке овощного сырья и приготовлении полуфабрикатов контаминация нарезанных компонентов может увеличиваться за счет микроорганизмов, попадающих с рук и одежды персонала, из воздуха, с поверхностей инвентаря и посуды. Термическая обработка полуфабрикатов значительно (на 2–3 порядка в 1 г изделия) снижает микробную обсемененность. Интенсивное охлаждение нарезанных компонентов после термообработки также позволяет замедлить рост выживших микроорганизмов.

По статистическим отчетам Роспотребнадзора в производстве салатной продукции в промышленных условиях к числу эпидемиологически опасных компонентов, требующих строгих условий хранения и технологической обработки, относятся картофель, морковь и свекла. Факторами, способствующими развитию микроорганизмов, по

установленным данным, являются недостаточная термическая обработка недоброкачественных по микробиологическим показателям сырьевых компонентов и их нарезка.

Увеличивающийся спрос на высококачественную салатную продукцию с пролонгированными сроками годности объективно обуславливает необходимость поиска технологических решений, обеспечивающих их безопасность и конкурентоспособность.

Для повышения доброкачественности и хранимоспособности сырья растительного происхождения используются различные технологические решения, предусматривающие физические, химические и комбинированные приемы обработки [1–9]. Наиболее эффективными из используемых на практике технологических решений являются способы обработки сырья и рецептурных компонентов растворами средств с антимикробным действием. Из таких средств получили распространение композиции на основе перекиси водорода и надуксусной кислоты [7–9]. Вместе с тем обработка овощей такими растворами не обеспечивает сохранение потребительских свойств. Так, десятиминутная обработка 1,25%-ным раствором препарата «Дезоксон», содержащего от 5 до 6 % надуксусной кислоты, от 12 до 15 % уксусной кислоты и от 10 до 12 % перекиси водорода, приводит к появлению беловатой окраски и кисловатого вкуса [9]. Использование раствора гипохлорита натрия в концентрациях 50 и 100 мг/л при экспозиции 30 с обеспечивает не только необходимую микробиологическую чистоту, но и сохранение сенсорного качества салатной продукции [10]. Средства, содержащие глицин, производные глицина, молочную кислоту и ее соли, в концентрации от 0,2 до 3,0 % эффективны против таких патогенных микроорганизмов, как *Listeria*, *Salmonella*, *Echerichia*, *Campylobacter* и *Clostridium* [11]. Установлено, что антимикробное действие технологических вспомогательных средств существенно повышается при введении в их состав полимерных поверхностно-активных соединений [12, 13]. Композиции, включающие полимерные гуанидиновые соединения, способствуют образованию защитных пленок на поверхности обрабатываемых продуктов, эффективных против *Escherichia*, *Proteus*, *Pseudomonas*, *Salmonella*, актиномицетов,

плесневых грибов родов *Penicillium*, *Aspergillus*, *Mucor* и дрожжей *Torulopsis* [14].

Цель данного исследования: изучение эффективности применения технологических вспомогательных средств на основе лактатсодержащих компонентов в процессе обработки сырых очищенных нарезанных овощей.

#### Объекты и методы исследования

Объектами исследования служили: технологическое вспомогательное средство «ДФП-2» (ТУ 9112 – 099 – 00334557 – 2014), разработанное ВНИИПД и выпускаемое ООО «ИНПАКК» (Санкт-Петербург); технологическое вспомогательное средство «ДФП-3» (ТУ 9112 – 102 – 00334557 – 2016), разработанное ВНИИПД; опытный образец технологического вспомогательного средства «Диляктополидон-20» («ДЛП-20»); растворы испытуемых технологических вспомогательных средств; растворы после обработки сырых очищенных нарезанных овощей; сырые очищенные нарезанные овощи (морковь, картофель); термически обработанные нарезанные овощи (морковь, картофель); отвары.

Основу исследуемых технологических вспомогательных средств «ДФП-2», «ДФП-3» и «ДЛП-20» составляют лактатсодержащие компоненты (молочная кислота E270, лактат натрия E325). Для повышения технологической эффективности в состав средства «ДФП-2» дополнительно введены уксусная кислота E260, пропионовая кислота E280 и полимерное соединение полигексаметиленгуанидин гидрохлорид ЕС 57029-18-2. Состав средства «ДФП-3» включает буферную смесь лактата натрия и пищевых кислот в сочетании с полигексаметиленгуанидин гидрохлоридом и алкилдиметилбензиламмоний хлоридом, что обеспечивает высокую антагонистическую активность его в отношении тест-культур *L. monocitogenes*, *E. coli*, *St. aureus*, *Sal. typhimurium* в концентрации  $600 \cdot 10^6$  КОЕ/мл в соответствии с МУК 4.2.1890-04 [15]. Опытный образец технологического вспомогательного средства «ДЛП-20» содержит лактат-, ацетат- и пропионатсодержащие компоненты в сочетании с поливинилпирролидоном.

В работе определяли: физико-химические и физические показатели технологических вспомогательных средств (активная кислотность (рН), титруемая кислотность, массовая доля воды и летучих веществ, динамическая вязкость); поверхностное натяжение их водных растворов; мутность и цветность водных растворов средств после выдерживания в них нарезанных сырьевых компонентов; органолептические показатели (цвет, запах, вкус и консистенция) и изменение массы сырых очищенных нарезанных овощей; органолептические показатели термически обработанных нарезанных овощей; активную кислотность (рН) отваров, полученных при варке овощей; санитарно-микробиологические показатели сырых очищенных нарезанных овощей, обязательные по безопасности, предусмотренные СанПиН 2.3.2.1078-01 [16], (количество мезофильных аэробных и факультативно-аэробных микроорганизмов (КМАФАнМ) и

БГКП; условно-патогенные – кишечную палочку, бактерии рода протей, золотистый стафилококк, клостридии, дрожжи и плесневые грибы; патогенные микроорганизмы – сальмонеллы).

Показатели объектов исследования оценивали следующими стандартизованными и принятыми в научно-исследовательской практике методами: активную кислотность (рН) – потенциометрическим с использованием иономера И-160; титруемую кислотность – титриметрическим; массовую долю воды и летучих веществ – термогравиметрическим (высушиванием); динамическую вязкость – расчетным на основе результатов определения кинематической вязкости капиллярным методом с использованием стеклянного капиллярного вискозиметра ВПЖ-2; мутность и цветность – фотометрическим методом с использованием колориметра фотоэлектрического концентрационного КФК-2; поверхностное натяжение – методом вытягивания жидких пленок с помощью кольца с использованием тензиометра [17], показатели качества овощей и санитарно-микробиологические показатели – по [16, 18].

Мутность растворов технологических вспомогательных средств и воды, используемых в процессе обработки, характеризовали величиной оптической плотности, определяемой при длине волны  $\lambda = 750$  нм и толщине поглощающего слоя  $l = 10$  мм. В статье представлены данные относительной мутности растворов средств, которые рассчитывали исходя из оптической плотности растворов средств по отношению к оптической плотности воды, используемой при обработке контрольных образцов овощей.

Цветность растворов технологических вспомогательных средств и воды, используемых в процессе обработки, определяли после удаления дисперсной фазы из растворов центрифугированием и характеризовали величиной оптической плотности при длине волны  $\lambda = 400$  нм и толщине поглощающего слоя  $l = 10$  мм. В статье привели расчетные данные относительной цветности растворов средств исходя из оптической плотности растворов средств и воды, используемой при обработке контрольных образцов овощей.

Определение физико-химических и физических показателей технологических вспомогательных средств, их водных растворов, показателей качества растворов после обработки сырых очищенных нарезанных овощей, сырых очищенных и термически обработанных нарезанных овощей и отваров проводили в лаборатории ВНИИПД; микробиологические показатели – в ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в городе Санкт-Петербург».

#### Результаты и их обсуждение

Отличительной особенностью овощного сырья (корне- и клубнеплодов) является то, что их поверхность обсеменена значительным количеством микроорганизмов. Правильно подобранные режимы проведения первичных операций переработки (сортировка, мойка и очистка) овощей являются важными операциями, влияющими на их

потребительские свойства. В производстве продукции общественного питания при изготовлении салатов с пролонгированными сроками годности регламентировано выполнение ряда санитарно-гигиенических операций, в частности промывание овощей очищенной водой. Тем не менее, технология мойки сырья, используемая при производстве кулинарных изделий, не обеспечивает достижение нормируемых микробиологических показателей: обсемененность микроорганизмами остается высокой. При этом микрофлора перерабатываемого овощного сырья весьма разнообразна: бактерии, дрожжи, плесневые грибы, возможны и патогенные микроорганизмы. Для обеспечения гигиенической чистоты рецептурных компонентов салатной продукции требуется совершенствование технологии их подготовки.

В работе проводили исследования по снижению микробной обсемененности сырых очищенных нарезанных овощей и повышению их хранимоспособности на стадии «ожидания» термической обработки (варки). Изучили эффективность применения технологических вспомогательных средств «ДФП-2», «ДФП-3» и «ДЛП-20» в процессе обработки овощей. Характеристика физико-химических и физических показателей использованных в опытах технологических вспомогательных средств приведена в табл. 1.

Сравнительные данные изменения поверхностного натяжения водных растворов средств «ДФП-2», «ДФП-3» и «ДЛП-20» на границе раздела фаз вода – воздух в зависимости от концентрации показали, что исследуемые средства обладают поверхностно-активными свойствами, при этом наиболее выраженными – растворы «ДФП-3» (табл. 2). Установленные закономерности изменения поверхностного натяжения растворов средств отражают потенциальную эффективность их применения в производстве салатов для обеспечения микробиологической безопасности сырых очищенных нарезанных овощей в процессе технологического хранения перед термической обработкой.

С учетом полученных экспериментальных данных по изменению поверхностной активности водных растворов испытуемых технологических вспомогательных средств провели опыты по обработке сырых очищенных нарезанных овощей для оценки эффективности их применения. Опыты по обработке овощей проводили в лаборатории ВНИИПД и в производственных условиях ООО «Аппетитпром» (г. Санкт-Петербург). Обработку сырых очищенных нарезанных овощей проводили погружением в растворы средств при варьировании концентрации растворов и продолжительности процесса обработки. По завершении процесса обработки определяли мутность, цветность и активную кислотность растворов, органолептические и технологические показатели овощей, после чего овощи варили. По завершении процесса варки овощей определяли активную кислотность отваров.

Таблица 1 – Показатели технологических вспомогательных средств «ДФП-2», «ДФП-3» и «ДЛП-20»

Table 1 – Technological processing aids parameters “DFP-2”, “DFP-3” and “DLP-20”

Наименование показателя	Значение показателя средства		
	«ДФП-2»	«ДФП-3»	«ДЛП-20»
Активная кислотность, ед. рН	4,9 ± 0,1	4,9 ± 0,1	5,7 ± 0,1
Титруемая кислотность, °Т	170 ± 2	167 ± 2	37 ± 1
Массовая доля воды и летучих веществ, %	41,8 ± 0,2	41,3 ± 0,2	51,9 ± 0,2
Динамическая вязкость, 10 <sup>-3</sup> Па·с	65 ± 2	65 ± 2	311 ± 3

Таблица 2 – Поверхностное натяжение водных растворов технологических вспомогательных средств «ДФП-2», «ДФП-3» и «ДЛП-20» на границе раздела фаз вода – воздух

Table 2 – Surface tension of technological processing aids water solutions “DFP-2”, “DFP-3” and “DLP-20” at water-air interface

Концентрация раствора, %	Поверхностное натяжение (σ) растворов средств при 20 °С, мН/м		
	«ДФП-2»	«ДФП-3»	«ДЛП-20»
0,1	72,0	63,2	71,8
0,5	68,2	50,3	68,8
1,0	67,3	43,9	68,5
2,5	65,3	38,0	66,3
5,0	63,3	38,9	64,6
7,5	62,4	39,2	61,6
10,0	62,1	39,5	57,5

Примечание: σ воды – 72,6 мН/м при 20 °С

По результатам определения показателей мутности и цветности растворов средств различной концентрации после использования их в процессе обработки очищенных нарезанных овощей и последующего хранения растворов в провоцирующих условиях установили более высокую эффективность «ДФП-2» по сравнению с «ДФП-3» и «ДЛП-20», а также по сравнению с водой, используемой в качестве контроля. На примере растворов, полученных после выдерживания в них нарезанной моркови в течение 5 мин при гидромодуле 1:1 и после хранения их при повышенной температуре (от 20 до 25 °С) в течение 5 суток, выявили, что растворы средства «ДФП-2» как после обработки, так и после их хранения характеризуются минимальными значениями мутности и цветности (табл. 3 и 4). Минимальные значения мутности и цветности растворов после обработки свидетельствуют о наименьшей диффузии экстрактивных веществ из обрабатываемых овощей и, соответственно, сохранении их потребительских свойств, после хранения их при повышенной температуре – об отсутствии микробного заражения растворов. При использовании растворов «ДЛП-20» и воды получили отрицательные результаты и по мутности, и по цветности, что выражалось в повышенной мутности и ярком оранжевом

цвете, обусловленном красящими веществами, экстрагируемыми из моркови.

В ходе испытаний органолептических показателей выявили, что все образцы сырых очищенных нарезанных овощей, обработанные растворами средств «ДФП-2» и «ДФП-3» концентрацией 1 % в течение 5 мин, имеют свойственные свежим овощам цвет, запах и консистенцию. При этом отметили, что овощи, обработанные раствором «ДФП-2», обладали преимуществом по совокупности органолептических показателей. Образцы сырых очищенных нарезанных овощей после обработки растворами средства «ДЛП-20» имели посторонний, не свойственный свежим овощам запах.

При определении изменения массы сырых нарезанных овощей выявили, что обработка раствором средства «ДФП-2» обеспечивает наименьшее набухание тканей и, соответственно, наименьшую диффузию средства в глубинные слои овощей. В табл. 5 на примере моркови показано, что образцы, обработанные раствором средства «ДФП-2» концентрацией 1 % в течение 5 мин, имели характеристики набухания, близкие к контролю, а при увеличении продолжительности обработки (выдерживания в растворе) до 1440 мин (24 ч) – наименьшую величину изменения массы.

При оценке изменения активной кислотности (рН) отваров, полученных после термической обработки овощей, выдержанных в воде и в растворах технологических вспомогательных средств, установили, что увеличение продолжительности обработки сырых нарезанных овощей приводит к существенному изменению величины показателя. В табл. 6 показано, что отвары, полученные при варке моркови, обработанной раствором средства «ДФП-2» концентрацией 1 % в течение 5 мин, имели показатели активной кислотности, близкие к контролю, а при увеличении продолжительности обработки (выдерживания) до 1440 мин (24 ч) – характеристики кислой реакции среды.

Таблица 3 – Усредненные характеристики мутности растворов технологических вспомогательных средств и воды после выдерживания в них нарезанной моркови (гидромодуль – 1:1) в течение 5 мин и их последующего хранения в провоцирующих условиях в течение 5 суток

Table 3 – Average characteristics of turbidity of technological processing aids water solutions and water after holding cut carrot in them (hydromodulus – 1:1) during 5 min and their further storage under challenging conditions for 5 days

Наименование средства	Конц. р-ра, %	Относительная мутность раствора $D_{p-ра} / D_{вода} \cdot 100, \%$	
		после выдерживания в течение 5 мин	после хранения в течение 5 сут
«ДФП-2»	1	31,9	1,8
	3	35,0	1,3
«ДФП-3»	1	59,6	3,1
	3	43,5	1,3
«ДЛП-20»	1	133,9	96,6
	3	105,7	60,0

Полученные результаты испытаний органолептических показателей вареных овощей согласуются с характеристикой рН отваров. Выявили, что по цвету, запаху, вкусу и консистенции предпочтительными были образцы после обработки раствором средства «ДФП-2» концентрацией 1 % в течение 5 мин. Проведенными исследованиями органолептических показателей вареных овощей, обработанных растворами средств «ДФП-2» концентрацией 3 % в течение 1440 мин (24 ч), установили неприемлемый кислый привкус, жесткость при разжевывании и потемнение цвета.

Таблица 4 – Усредненные характеристики цветности растворов технологических вспомогательных средств после выдерживания в них нарезанной моркови в течение 5 мин

Table 4 – Average characteristics of color of technological processing aids solutions after holding cut carrot in them during 5 min

Наименование средства	Конц. р-ра, %	Относительная цветность раствора, $D_{p-ра} / D_{вода} \cdot 100, \%$
«ДФП-2»	1	11,2
	3	11,2
«ДФП-3»	1	13,4
	3	16,7
«ДЛП-20»	1	68,1
	3	65,5

Таблица 5 – Усредненные данные изменения массы сырой нарезанной моркови после выдерживания в воде и растворах технологических вспомогательных средств

Table 5 – Average data on changes in raw cut carrot weight after holding in water and technological processing aids solutions

Наименование средства	Конц. р-ра, %	Изменение массы моркови (%) после выдерживания в течение	
		5 мин	1440 мин
Вода (контроль)	–	6,0	16,1
«ДФП-2»	1	5,4	–0,3
	3	4,3	–6,0
«ДФП-3»	1	3,8	–1,6
	3	2,9	–7,4
«ДЛП-20»	1	7,4	10,0
	3	5,7	2,0

Таблица 6 – Усредненные данные активной кислотности (рН) отваров моркови после выдерживания в воде и растворах технологических вспомогательных средств

Table 6 – Average data on active acidity (pH) of carrot broth after holding in water and technological processing aids solutions

Наименование средства	Конц. р-ра, %	Активная кислотность (рН) отваров моркови после выдерживания в течение	
		5 мин	1440 мин
Вода (контроль)	–	5,9	5,9
«ДФП-2»	1	6,0	5,2
	3	6,0	4,1
«ДФП-3»	1	6,0	5,2
	3	5,8	4,0

Окончательный выбор средства и параметров обработки сырых очищенных нарезанных овощей осуществляли по совокупности результатов определения органолептических, технологических и санитарно-микробиологических показателей при последующем технологическом хранении их на стадии ожидания термической обработки (варки) в холодильной камере в течение от 3 до 48 ч. Установили, что сырые очищенные нарезанные овощи, обработанные раствором средства «ДФП-2» при оптимальных параметрах (концентрация – 1 %, продолжительность – 5 мин, гидромодуль – 1:1), имели показатели качества и санитарно-микробиологические показатели (табл. 7), характеризующие стабильность продукта при хранении согласно требованиям МУК 4.2.1847-04 [18] и соответствующие нормам СанПиН 2.3.2.1078-01 [16]. Вареные очищенные нарезанные овощи, приготовленные после обработки предложенным способом, по всем органолептическим показателям соответствовали контрольным свежесваренным не обработанным и не хранившимся овощным салатным компонентам.

Таким образом, использование лактатсодержащего технологического вспомогательного средства «ДФП-2» в производстве салатной продукции при подготовке овощного сырья является эффективным технологическим приемом для достижения требуемых показателей качества и безопасности очищенных нарезанных овощей при

технологическом хранении после термической обработки (варки) в течение от 24 до 48 ч. Предложенная технология обработки сырых очищенных нарезанных овощей обеспечивает пролонгирование сроков их годности до 48 ч по сравнению с 3 ч по действующей технологии.

Таблица 7 – Микробиологические показатели овощей, обработанных раствором «ДФП-2», после хранения при температуре 2–6 °С в течение 48 ч

Table 7 – Microbial parameters of vegetables treated with solution “DFP-2” after storage at 2–6 °C for 48 hours

Наименование показателя	Величина допустимого уровня	Величина показателя овощей, обработанных раствором «ДФП-2»	
		морковь	картофель
КМАФАнМ, КОЕ/г	не более $1,0 \cdot 10^4$	1,410 <sup>2</sup>	1,3 · 10 <sup>2</sup>
БГКП в 0,1	не допускается	не обнаружено	
<i>E. coli</i> в 1,0			
<i>Proteus</i> в 0,1			
<i>S. aureus</i> в 1,0			
Патогенные, в т. ч. сальмонеллы в 25,0			
Дрожжи, КОЕ/г	не более 500	10	5
Плесени, КОЕ/г	не более 50	< 10	< 10

#### Список литературы

1. Meireles, A. C. Alternative disinfection methods to chlorine for use in the fresh-cut industry / A. C. Meireles, E. Giaouris, M. Simoes // Food Research International. – 2016. – № 82. – P. 71–85. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.01.021>.
2. Hot water treatment in combination with calcium ascorbate dips increases bioactive compounds and helps to maintain fresh-cut apple quality / E. Aguayo [et al.] // Postharvest Biology and Technology. – 2015. – № 110. – P. 158–165. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2015.07.001>.
3. Martinez-Hernandez, G. B. Carvacrol-loaded chitosan nanoparticles maintain quality of fresh-cut carrots / G. B. Martinez-Hernandez, M. L. Amodio, G. Colelli // Innovative Food Science & Emerging Technologies. – 2017. – № 41. – P. 56–63. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2017.02.005>.
4. Evaluation of alternative preservation treatments (water heat treatment, ultrasounds, thermosonication and UV-C radiation) to improve safety and quality of whole tomato / J. C. Pinheiro [et al.] // Food and Bioprocess Technology. – 2016. – № 9. – P. 924–935. <https://doi.org/10.1007/s11947-016-1679-0>.
5. Nowacka M. Effect of ultrasound treatment on microstructure, colour and carotenoid content in fresh and dried carrot tissue / M. Nowacka, M. Wedzik // Applied Acoustics. – February 2016. – Vol. 103, Part B. – P. 163–171. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2015.06.011>.
6. Combined sustainable sanitizing treatments to reduce *Escherichia coli* and *Salmonella enteritidis* growth on fresh-cut kalia-hybrid broccoli / G. B. Martinez-Hernandez [et al.] // Food Control. – 2015. – № 47. – P. 312–317. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.07.029>.
7. Effect of hydrogen peroxide in combination with minimal thermal treatment for reducing bacterial populations on cantaloupe rind surfaces and transfer to fresh-cut pieces / D. O. Ukuku [et al.] // Journal of Food Protection. – 2016. – № 79. – P. 1316–1324. <https://doi.org/10.4315/0362-028x.jfp-16-046>.
8. Wash water disinfection of full-scale leafy vegetables washing process with hydrogen peroxide and the use of a commercial metal ion mixture to improve disinfection efficiency / S. van Haute [et al.] // Food Control. – 2015. – № 50. – P. 173–183. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.07.028>.
9. Подлесный, А. И. Применение дезинфицирующих препаратов на основе хлорных перекисных соединений для обработки овощного сырья и пряной зелени / А. И. Подлесный, О. И. Квасенков // Пищевая промышленность. – 2005. – № 9. – С. 42–44.
10. Шилов, Г. Ю. Разработка технологии производства овощных полуфабрикатов высокой степени готовности для предприятий общественного питания : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.18.15 / Шилов Гурий Юрьевич. – М., 2010. – 17 с.
11. Заявка 1629724 ЕПВ, МПК<sup>7</sup> А23L1/22, А23В4/20. The use of glycine and/or a glycine derivative as antibacterial agent in foods and/or drinks (Purac Biochem BV). – Заявл.: 27.08.04 ; опубл.: 12.13.16.

12. Черпалова, Т. М. Поверхностная активность инновационных антимикробных композиций / Т. М. Черпалова, В. В. Евелева // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2016. – № 5. – С. 68–69.
13. Евелева, В. В. Поверхностная активность антимикробных композиций с поливинилпирролидоном / В. В. Евелева, Т. М. Черпалова, Е. А. Шиповская // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2017. – № 4. – С. 66–68.
14. Ефимов, К. М. Полимерные биоциды для решения проблем хранения и защиты продукции и материалов / К. М. Ефимов, А. И. Дитюк // Инновационные технологии длительного хранения товаров : международный сборник научных статей. – М., 2013. – Вып. 2. – С. 372–375.
15. МУК 4.2.1890-04. Определение чувствительности микроорганизмов к антибактериальным препаратам. – Утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 4 марта 2004. – М. : Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. – 91 с.
16. СанПиН 2.3.2.1078-01. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. – Утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 14 нояб. 2001. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/901806306>. – Дата обращения: 13.03.18.
17. ГОСТ Р 50003–92 (ИСО 304–85). Вещества поверхностно-активные. Определение поверхностного натяжения путем вытягивания жидких пленок. – Введ. 01.07.1993. – М. : Издательство стандартов, 1992. – 14 с.
18. МУК 4.2.1847-04. Санитарно-эпидемиологическая оценка обоснования сроков годности и условий хранения пищевых продуктов. – Утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 6 марта 2004. – М. : Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. – 31 с.

### References

1. Meireles A.C., Giaouris E., Simoes M. Alternative disinfection methods to chlorine for use in the fresh-cut industry. *Food Research International*, 2016, no. 82, pp. 71–85. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.01.021>.
2. Aguayo E., Requejo-Jackman C., Stanley R., et al. Hot water treatment in combination with calcium ascorbate dips increases bioactive compounds and helps to maintain fresh-cut apple quality. *Postharvest Biology and Technology*, 2015, no. 110, pp. 158–165. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2015.07.001>.
3. Martinez-Hernandez G.B., Amodio M.L., Colelli G. Carvacrol-loaded chitosan nanoparticles maintain quality of fresh-cut carrots. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 2017, no. 41, pp. 56–63. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2017.02.005>.
4. Pinheiro J.C., Alegria C.S.M., Abreu M.M.M.N., Goncalves E.M., Silva C.L.M. Evaluation of alternative preservation treatments (water heat treatment, ultrasounds, thermosonication and UV-C radiation) to improve safety and quality of whole tomato. *Food and Bioprocess Technology*, 2016, no. 9, pp. 924–935. <https://doi.org/10.1007/s11947-016-1679-0>.
5. Nowacka M., Wedzik M. Effect of ultrasound treatment on microstructure, colour and carotenoid content in fresh and dried carrot tissue. *Applied Acoustics*, 2016, february, vol. 103, part B, pp. 163–171. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2015.06.011>.
6. Martinez-Hernandez G.B., Navarro-Rico J., Gomez P.A., et al. Combined sustainable sanitising treatments to reduce *Escherichia coli* and *Salmonella enteritidis* growth on fresh-cut kalia-hybrid broccoli. *Food Control*, 2015, no. 47, pp. 312–317. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.07.029>.
7. Ukuku D.O., Mukhopadhyay S., Geveke D., et al. Effect of hydrogen peroxide in combination with minimal thermal treatment for reducing bacterial populations on cantaloupe rind surfaces and transfer to fresh-cut pieces. *Journal of Food Protection*, 2016, no. 79, pp. 1316–1324. <https://doi.org/10.4315/0362-028x.jfp-16-046>.
8. Van Haute S., Tryland I., Veys A., et al. Wash water disinfection of full-scale leafy vegetables washing process with hydrogen peroxide and the use of a commercial metal ion mixture to improve disinfection efficiency. *Food Control*, 2015, no. 50, pp. 173–183. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.07.028>.
9. Podlesnyy A.I., Kvasenkov O.I. Primeneniye dezinfitsiruyushchikh preparatov na osnove khlornykh perekisnykh soyedineniy dlya obrabotki ovoshchnogo syr'ya i pryanoj zeleni [Using disinfectants based on chlorine peroxide compounds for processing raw vegetables and spicy greens]. *Pishchevaya promyshlennost'* [Food Processing Industry], 2005, no. 9, pp. 42–44.
10. Shilov G.Yu. *Razrabotka tekhnologii proizvodstva ovoshchnykh polufabrikatov vysokoy stepeni gotovnosti dlya predpriyatij obshchestvennogo pitaniya*. Avtoref. diss. kand. tekhn. nauk [Development of production technology of high readiness semi-finished vegetable products for public catering companies. Cand. eng. sci. thesis]. Moscow, 2010. 17 p.
11. *The use of glycine and/or a glycine derivative as antibacterial agent in foods and/or drinks* (Purac Biochem BV). – Zayavka EPV, no. 1629724, 2016.
12. Черпалова Т.М., Евелева В.В. Поверхностная активность инновационных антимикробных композиций [Surface activity of innovative antimicrobial compositions]. *Vestnik Rossiyskoy sel'skokhozyaystvennoy nauki* [Vestnik of the Russian Agricultural Science], 2016, no. 5, pp. 68–69.
13. Евелева В.В., Черпалова Т.М., Шиповская Е.А. Поверхностная активность антимикробных композиций с поливинилпирролидоном [Surface activity of antimicrobial compositions with polyvinylpyrrolidone]. *Vestnik Rossiyskoy sel'skokhozyaystvennoy nauki* [Vestnik of the Russian Agricultural Science], 2017, no. 4, pp. 66–68.
14. Ефимов К.М., Дитюк А.И. Полимерные биоциды для решения проблем хранения и защиты продукции и материалов [Polymer biocides as solution to problem of products and materials storage and protection]. *Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Innovatsionnye tekhnologii dlitel'nogo hraneniya tovarov»*: [Proc. of the Intern. Sci. and Prac. Conf. "Innovative technologies for long product storage"]. Moscow, 2013, pp. 372–375.
15. МУК № 4.2.1890-04. *Opredelenie chuvstvitelnosti mikroorganizmov k antibakterialnym preparatam* [Methodical indications no. 4.2.1890-04. Determination of microorganism sensitivity to antimicrobials]. Moscow, Federal'nyy tsentr gossan-epidnadzora Minzdrava Rossii Publ., 2004. 91 p.

16. SanPiN 2.3.2.1078-01. *Gigienicheskie trebovaniya bezopasnosti i pishchevoy tsennosti pishchevykh produktov* [Hygienic requirements for safety and nutritional value of food products]. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/901806306>. (accessed 13 March 2018).

17. GOST R 50003–92 (ISO 304–85). *Veshchestva poverhnostno-aktivnye. Opredelenie poverhnostnogo natyazheniya putem vytyagivaniya zhidkih plynok* [State Standard 50003–92 (ISO 304–85). Surfactants. Determination of surface tension by means of liquid film stretching]. Moscow, Standartinform Publ., 1992. 14 p.

18. MUK № 4.2.1847-04. *Sanitarno-epidemiologicheskaya otsenka obosnovaniya srokov godnosti i usloviy khraneniya pishchevykh produktov* [Methodical indications no. 4.2.1847-04. Sanitary and epidemiological evaluation of justification of food shelf life and storage conditions]. Moscow, Federal'nyy tsentr gossan-epidnadzora Minzdrava Rossii Publ., 2004. 31 p.

**Евелева Вера Васильевна**

канд. техн. наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории техники и технологии переработки продуктов биосинтеза, Всероссийский научно-исследовательский институт пищевых добавок – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В. М. Горбатова» РАН, 191014, Россия, г. Санкт-Петербург, Литейный пр-т, 55, тел.: +7 (812) 273-41-08, e-mail: v.eveleva@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-4672-8008>

**Черпалова Татьяна Михайловна**

канд. техн. наук, научный сотрудник лаборатории техники и технологии переработки продуктов биосинтеза, Всероссийский научно-исследовательский институт пищевых добавок – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В. М. Горбатова» РАН, 191014, Россия, г. Санкт-Петербург, Литейный пр-т, 55, тел.: +7 (812) 272-56-26, e-mail: vniipakk55@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-6169-2117>

**Шиповская Елена Алексеевна**

младший научный сотрудник лаборатории техники и технологии переработки продуктов биосинтеза, Всероссийский научно-исследовательский институт пищевых добавок – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В. М. Горбатова» РАН, 191014, Россия, г. Санкт-Петербург, Литейный пр-т, 55, тел.: +7 (812) 272-56-26, e-mail: alena.shipovskaja@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-3039-0279>

**Vera V. Eveleva**

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor, Leading Researcher of the Biosynthesis Products Processing Techniques and Technology Laboratory, All-Russian Research Institute for Food Additives – Branch of V.M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of RAS, 55, Liteyny Ave., St. Petersburg, 191014, Russia, phone: +7 (812) 273-41-08, e-mail: v.eveleva@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-4672-8008>

**Tatyana M. Cherpalova**

Cand.Sci.(Eng.), Researcher of the Biosynthesis Products Processing Techniques and Technology Laboratory, All-Russian Research Institute for Food Additives – Branch of V.M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of RAS, 55, Liteyny Ave., St. Petersburg, 191014, Russia, phone: +7 (812) 272-56-26, e-mail: vniipakk55@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-6169-2117>

**Elena A. Shipovskaya**

Junior Researcher of the Biosynthesis Products Processing Techniques and Technology Laboratory, All-Russian Research Institute for Food Additives – Branch of V.M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of RAS, 55, Liteyny Ave., St. Petersburg, 191014, Russia, phone: +7 (812) 272-56-26, e-mail: alena.shipovskaja@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-3039-0279>



<https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-2-36-45>  
УДК 664.6

## РАЗРАБОТКА ПИЩЕВОГО КОНЦЕНТРАТА – ПОЛУФАБРИКАТА БЕЗГЛЮТЕНОВЫХ КЕКСОВ С АМАРАНТОВОЙ МУКОЙ

Е. Ю. Егорова<sup>1, \*</sup> , И. Ю. Резниченко<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова»,  
656038, Россия, г. Барнаул, пр-т Ленина, 46

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

Дата поступления в редакцию: 21.01.2018

Дата принятия в печать: 21.05.2018

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



© Е. Ю. Егорова, И. Ю. Резниченко, 2018

**Аннотация.** Узкий ассортимент отечественных продуктов для больных целиакией, высокие цены и низкая пищевая ценность реализуемой продукции определяют актуальность разработки новых мучных кондитерских изделий для потребителей, придерживающихся аглютеновой диеты. Целью работы являлась разработка пищевого концентрата – полуфабриката безглютеновых кексов. Основным объектом исследований выступала мука из семян амаранта, выбор которой обусловлен преимуществами химического состава по сравнению с традиционными промышленными видами безглютеновой муки – рисовой и кукурузной. Амарантовую муку вводили в тесто в виде однородной смеси с кукурузной или рисовой мукой, в пределах от 5,0 до 25,0 % от общего количества муки. По результатам исследований органолептических и физико-химических показателей качества получаемых кексов авторами предложены оптимальные комбинации кукурузной и амарантовой муки, рисовой и амарантовой муки. Показано, что использование в качестве основы теста кукурузной и амарантовой муки в соотношении 10,0–12,5 % : 90,0–87,5 % или рисовой и амарантовой муки в соотношении 15,0–17,5 % : 85,0–82,5 % позволяет получать кексы стандартного качества. С учетом этих данных разработаны рецептуры полуфабрикатов безглютеновых кексов с амарантовой мукой. По данным расчета пищевой ценности полуфабрикатов безглютеновых кексов разработанных рецептур, в кукурузно-амарантовом и рисово-амарантовом кексах улучшается соотношение основных пищевых веществ: повышается содержание легкоусвояемых безглютеновых белков (до 7,9–8,4 г/100 г полуфабриката) и пищевых волокон (до 1,2–3,4 г/100 г полуфабриката), снижается общее содержание жиров (в 4–5 раз). На основании результатов проведенных исследований можно утверждать, что использование амарантовой муки при разработке полуфабрикатов безглютеновых кексов позволяет значительно повысить пищевую ценность этих изделий и пополнить ассортимент доступных по цене безглютеновых продуктов питания отечественного производства.

**Ключевые слова.** Безглютеновые кексы, амарантовая мука, рецептуры, полуфабрикаты мучных кондитерских изделий, оценка качества, пищевая ценность

**Для цитирования:** Егорова, Е. Ю. Разработка пищевого концентрата – полуфабриката безглютеновых кексов с амарантовой мукой / Е. Ю. Егорова, И. Ю. Резниченко // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 2. С. 36–45. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-2-36-45>.

## DEVELOPMENT OF FOOD CONCENTRATE – SEMI-FINISHED PRODUCT WITH AMARANTH FLOUR FOR GLUTEN-FREE CUPCAKES

E.Ju. Egorova<sup>1, \*</sup> , I.Ju. Reznichenko<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>Polzunov Altai State Technical University,  
46, Lenina Ave., Barnaul, 656038, Russia

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

Received: 21.01.2018

Accepted: 21.05.2018

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



© E.Ju. Egorova, I.Ju. Reznichenko, 2018

**Abstract.** Narrow range of Russian products for consumers with celiac disease, high prices and low nutritional value of these products determine the relevance of the development of new flour confectionery products for consumers who stick to a gluten-free diet. The aim of the work was to develop a food concentrate – semi-finished product for gluten-free cupcakes cooking. The main object of the studies was flour obtained from amaranth seeds which had been chosen because of the advantages of its chemical composition compared to the traditional industrial types of gluten-free flour – rice flour and corn flour. Amaranth flour was introduced into the dough in the form of a homogeneous mixture with corn flour or rice flour. It amounted for 5.0% to 25.0% of the total amount of flour. According to the results of studies of organoleptic and physicochemical indicators of the cupcakes quality the authors proposed the optimal combinations of corn flour and amaranth flour; rice flour and amaranth flour. They showed that if the

dough base includes corn flour and amaranth flour in the ratio of 10.0–12.5% : 90.0–87.5% or rice flour and amaranth flour in the ratio of 15.0–17.5% : 85.0–82.5% it allows to obtain standard quality cupcakes. Considering these data the authors developed the recipes of semi-finished gluten-free cupcakes with amaranth flour. Calculation of nutritional value of semi-finished gluten-free cupcakes cooked following the developed recipes showed that corn-amaranth and rice-amaranth cupcakes had a better ratio of basic nutrients. They had higher content of easy-to-digest gluten-free proteins (up to 7.9–8.4 g/100 g of semi-finished product) and dietary fibers (up to 1.2–3.4 g/100 g of semi-finished product). They had lower total fat content (4–5 times). Based on the results of the conducted research it is possible to confirm that the use of amaranth flour in the development of semi-finished gluten-free cupcakes can significantly increase the nutritional value of these products and to extend the product range of affordable gluten-free Russian products.

**Keywords.** Gluten-free cupcakes, amaranth flour, recipes, semi-finished confectionery products, quality assessment, nutritional value

**For citation:** Egorova E.Ju., Reznichenko I.Ju. Development of food concentrate – semi-finished product with amaranth flour for gluten-free cupcakes. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2018, vol. 48, no. 2, pp. 36–45 (In Russ.). <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-2-36-45>.

## Введение

Государственная Стратегия развития пищевой и перерабатывающей промышленности Российской Федерации, разработанная на период до 2020 года, предусматривает необходимость разработки и внедрения новых промышленных технологий, позволяющих обеспечить российский потребительский рынок продуктами специализированного назначения отечественного производства [1] в более широком и вариативном ассортименте по сравнению с представленной аналогичной продукцией отечественных производителей и превосходящими по ценовой доступности и пищевой ценности аналогами зарубежного производства.

Целесообразность создания новых рецептур и технологий специализированных продуктов обусловлена их высокой востребованностью у российского населения и ограниченным ассортиментом [2, 3]. В том числе это относится и к безглютеновым продуктам питания, незаменимым в ежедневном рационе людей, больных целиакией либо имеющих предрасположенность к данному заболеванию.

Целиакией (глютенчувствительной целиакией, глютенчувствительной энтеропатией) называют хроническое системное заболевание, связанное с необратимым нарушением структуры слизистой оболочки тонкой кишки и сопровождающееся атрофией тонкой кишки, нарушением функции всасывания, аллергическими и системными аутоиммунными проявлениями. Считается, что целиакия развивается в основном у генетически предрасположенных к этому людей, вследствие употребления в пищу глютена. Первостепенными признаками заболевания могут служить хроническая диарея, задержка роста и развития [4, 5], однако это заболевание может протекать и в скрытой (латентной, бессимптомной) форме. Кроме врожденной целиакия может быть и приобретенной, спровоцированной избыточным потреблением высококлейковинного растительного белка, серьезным эмоциональным стрессом или продолжительным патологическим воздействием других негативных факторов. Недиagnostированная целиакия, усугубленная длительной интоксикацией организма глютеном злаковых культур, является одной из причин вторичных иммунных нарушений –

сахарного диабета 1 типа, задержки в психическом развитии, язв и новообразований в полости рта и желудочно-кишечном тракте, эпилепсии и некоторых других [5, 6].

Основным способом лечения целиакии считается строгое пожизненное соблюдение аглютеновой диеты [7, 8], хотя в последние годы появились фармацевтические препараты, работающие на снижение всасывания клейковинного белка, стимуляцию восстановления слизистой кишечника и ослабление иммунного ответа [4]. Переносимое количество глютена в пище очень индивидуально, у некоторых оно составляет менее 50 мг в день. С учетом этого, содержание глютена – спирто- и щелочерастворимых фракций белка злаковых культур (пшеница, рожь, ячмень, овес и некоторые другие) – в продуктах, разрешенных аглютеновой диетой (Gluten-Free Foods), согласно требованиям FAO/ВОЗ комиссии Кодекс Алиментариус, обозначенных в CODEX STAN 118–1979 и Техническом регламенте ТР ТС 027/2012 [9], ограничено количеством 20 мг/кг.

В последние годы целиакия признается одним из наиболее часто встречающихся генетических заболеваний на планете, с распространенностью в соотношении 1:200 человек [4]. Вместе с тем, по данным на начало 2017 года, генетическую предрасположенность к данному заболеванию могут иметь более 5% мирового населения [10]. Поэтому сегодня за рубежом достаточно популярно соблюдение аглютеновой диеты населением, не имеющим клинически подтвержденного диагноза, с целью профилактики целиакии и сопровождающих это заболевание симптомов. В этой связи ассортимент безглютеновых продуктов, производимых в странах Европы и Америки, включает готовый хлеб, пиццу, разнообразные мучные кондитерские (кексы, бисквиты, печенье и другие) и кулинарные (блинчики, оладьи) изделия, сухие смеси для их получения в домашних условиях, макаронные изделия и некоторые другие продукты.

В России объем продаж безглютеновых продуктов оценивается примерно в 64 млн долларов [10], однако ассортимент таких продуктов несопоставимо узкий. Как следствие, реализуемые в России безглютеновые продукты – преимущественно зарубежных производителей: Glutano (Германия), Polenta, Dr. Schar, Reisbrot,

Cerealvit, NUTRI FREE, Farmo (Италия), Valio (Финляндия), Gullon (Испания), Bezgluten и Balviten (Польша), Finax (Швеция), Moilas (Финляндия) и других. Эти продукты существенно дороже традиционных отечественных продуктов с глютеном.

Из российских производителей безглютеновых продуктов наиболее известны три, с торговыми марками «Гранец», «ВНИИК» и «МакМастер». Продукция рассматриваемых торговых марок – в основном безглютеновая мука и мучные смеси для выпечки безглютенового хлеба и кулинарных изделий – хорошо представлена в европейской части России и поставляется по всей стране через интернет-магазины.

Основным способом получения безглютеновых продуктов является использование природного растительного безглютенового сырья, при этом в качестве основных видов безглютеновой муки обычно используются кукурузная и рисовая, несколько реже – гречневая мука. Возникающее при замене пшеничной муки ухудшение технологических свойств теста компенсируется включением в рецептуру крахмалов и камедей [6, 11–14]. Продукция на основе таких ингредиентов, прежде всего при использовании рисовой и кукурузной муки и крахмала, характеризуется невысокой пищевой ценностью и повышенной скоростью черствения, поэтому при разработке новых продуктов более целесообразным считается комбинирование двух-трех видов безглютеновой муки [14, 15] либо направленное повышение пищевой ценности безглютеновых продуктов включением в рецептуры белоксодержащих продуктов переработки безглютенового сырья, таких как рисовая мука или продукты переработки масличных семян – соевая и амарантовая мука [14–16].

Таким образом, узкий ассортимент отечественных продуктов для больных целиакией, высокие цены на товары зарубежного производства и, как правило, низкая пищевая ценность реализуемых безглютеновых продуктов определяют актуальность работы над новыми технологиями и рецептурами хлебобулочных и мучных кондитерских изделий, адаптированных для безглютенового питания.

Разработка безглютеновых продуктов в виде полуфабрикатов (пищевых концентратов – готовых мучных смесей) является одним из решений, перспективных для активного внедрения в производство и способствующих реализации задачи непрерывного снабжения населения свежей мучной продукцией, обладающей стабильно высоким качеством и повышенной пищевой ценностью. Это является несомненным преимуществом полуфабрикатов по сравнению с готовыми безглютеновыми продуктами. К тому же, особенности организации производства полуфабрикатов мучных изделий дают возможность достаточно свободного моделирования рецептур и создания новых композиционных смесей, в том

числе подобранных с учетом специализированной направленности продуктов [17].

Кексы как вид мучных кондитерских изделий с точки зрения маркетинга относятся к наиболее доступным и любимым потребителями, их доля в структуре ассортимента мучных кондитерских изделий в последние годы составляет 7–12 % [18]. Однако в качестве готовой продукции кексы имеют достаточно ограниченный срок хранения. Следовательно, целесообразна разработка аналогов этой продукции, позволяющих придерживающемуся аглютеновой диеты потребителю самостоятельно получать свежие безглютеновые кексы в необходимом количестве. Такую возможность дает использование пищевых концентратов – полуфабрикатов кексов.

На основании всего вышесказанного, целью данной работы стала разработка пищевого концентрата – полуфабриката безглютеновых кексов с амарантовой мукой.

### Объекты и методы исследования

Объектами исследований в работе выступали:

- мука рисовая и кукурузная по ТУ 9293–003–0069224072–2014, амарантовая мука по ТУ 9146–011–33974444–11;
- образцы кексов, приготовленные на основе традиционной безглютеновой муки – кукурузной (рецептура № 1) и рисовой (рецептура № 2);
- образцы кексов, приготовленные на основе смесей кукурузной и амарантовой муки и на основе смесей рисовой и амарантовой муки;
- пищевые концентраты – смеси для выпечки кексов безбелковые ТМ «МакМастер» («Кекс Ванильный», «Кекс Лимонный») по ТУ 10.89.19–002–17629737;
- пищевые концентраты – полуфабрикаты безглютеновых кексов с амарантовой мукой.

При выполнении работы использовали рисовую и кукурузную муку производства ООО ТД «ЭНДАКСИ» (г. Владимир, ТУ 9293–003–0069224072–2014) и полуобезжиренную муку из семян амаранта (рис. 1) производства ООО «Специалист» (г. Бийск, ТУ 9146–011–33974444–11). Качество рисовой, кукурузной и амарантовой муки соответствовало требованиям ТД производителя.



Рисунок 1 – Амарантовая мука  
Figure 1 – Amaranth flour

Выбор амарантовой муки в качестве одного из основных объектов исследований обусловлен ее высокой пищевой ценностью, клинически подтвержденным отсутствием глютена, а также тем, что из регионов СФО только в Алтайском крае амарантовая мука производится в промышленных масштабах четырьмя предприятиями: ООО «Специалист» (г. Бийск), ООО «Сила Алтая», ООО «Дар Алтая» и ООО «Амарант-Алтай» (г. Барнаул). Использование амарантовой муки в производстве полуфабрикатов должно способствовать комплексному изменению пищевой ценности получаемых безглютеновых мучных кондитерских изделий.

Кроме вышеперечисленных видов сырья в работе также использовали пудру сахарную рафинадную по ГОСТ 22–94, меланж сухой по ГОСТ 30363–2013, соль поваренную пищевую по ГОСТ Р 51574–2000, разрыхлитель (соль углеамонийную) по ГОСТ 9325–79.

Анализ показателей качества кексов, приготовленных по разным вариантам рецептур, проводили в 3–4-кратной повторности. Качество кексов исследовали в соответствии с требованиями ГОСТ 15052–2014, предъявляемыми к кексам на химических разрыхлителях.

В работе применяли стандартные органолептические и физико-химические методы исследований, принятые в кондитерской отрасли:

- органолептические показатели определяли по ГОСТ 5897–90;
- массовую долю влаги – по ГОСТ 5900–73;
- кислотность – по ГОСТ 5898–87;
- массовую долю золы – по ГОСТ 5901–87;
- плотность – по ГОСТ 15810–2014.

Обработку экспериментальных данных осуществляли в формате прикладной компьютерной программы Microsoft Excel XP 2010.

Расчет пищевой и энергетической ценности полуфабрикатов безглютеновых кексов разработанных рецептур проводили в соответствии с отраслевой методикой [19].

### Результаты и их обсуждение

В хлебопекарной и кондитерской отраслях промышленности мука из семян амаранта (*Amaranthus*) ценится за высокое содержание ряда незаменимых в сбалансированном питании компонентов. От рисовой и кукурузной муки полуобезжиренная мука из семян амаранта отличается значительно более низким содержанием усвояемых углеводов (табл. 1) и характерной структурой, обуславливающей потенциально высокую водопоглощающую способность амарантовой муки [20]. Однако многими работами показано, что полная замена рисовой или кукурузной муки на амарантовую технологически невозможна, так как высокое содержание белков не позволяет получать тесто нужной консистенции и полностью пропеченные мучные кондитерские изделия.

Для производства безглютеновых продуктов наиболее важным в химическом составе и пищевой ценности амарантовой муки является то, что она не только позволяет повысить пищевую ценность мучных изделий за счет наличия в своем составе пищевых волокон, но и обладает очень высоким содержанием легкоусвояемого белка, не включающего глютенную фракцию [22–26]. Именно это обстоятельство подтверждает целесообразность использования амарантовой муки при разработке новых мучных кондитерских изделий и необходимость проведения дополнительных исследований, направленных на определение технологически оптимальных соотношений рисовой и амарантовой муки, кукурузной и амарантовой муки для получения полуфабрикатов безглютеновых кексов.

Контрольные образцы кексов готовили по рецептурам, приведенным в табл. 2.

В тесто амарантовую муку вводили в виде однородной смеси с кукурузной или рисовой мукой в пределах от 5,0 до 25,0 % от массы основного вида муки, с шагом варьирования 2,5 %. Кексы выпекали в одноразовых бумажных формах при температуре  $(175 \pm 2)^\circ\text{C}$  в течение 25–30 мин.

Таблица 1 – Химический состав рисовой, кукурузной и амарантовой муки

Table 1 – Chemical composition of rice, corn and amaranth flour

Наименование компонента	Содержание компонента, в 100 г муки		
	рисовой	кукурузной	амарантовой [21]
Вода, г	11,9	14,0	12,1
Белки, г	4,2	7,2	41,4
Жиры, г	0,8	1,5	2,7
Углеводы, г	80,1	72,1	35,9
Пищевые волокна, г	2,4	4,4	3,4

Таблица 2 – Рецептуры безглютеновых кексов

Table 2 – Recipes of gluten-free cupcakes

Наименование сырья	Массовая доля СВ, %	Расход сырья на 100 кг готовой продукции, кг			
		рецептура № 1		рецептура № 2	
		в натуре	в СВ	в натуре	в СВ
Мука кукурузная	87,70	43,38	38,04	–	–
Мука рисовая	87,40	–	–	43,38	37,91
Сахар-песок	99,85	27,67	27,62	27,67	27,62
Маргарин столовый	77,00	26,08	20,08	26,08	20,08
Яйца куриные	27,00	21,94	5,92	21,94	5,92
Соль поваренная пищевая	96,50	0,08	0,08	0,08	0,08
Аммоний углекислый	–	0,75	–	0,75	–
ИТОГО:		100,00	91,93	119,90	91,61

Введение амарантовой муки влияло на консистенцию теста при замесе незначительно, оно оставалось кремообразным. Цвет теста при использовании в качестве основы мучной смеси рисовой муки менялся от белого с кремовым оттенком до белого с сероватым оттенком, при использовании кукурузной муки – от светло-желтого до светло-желтого с сероватым оттенком. С увеличением дозировки амарантовой муки запах теста становился более специфичным, с характерным «сыроватым» запахом амарантовой муки.

Оценка качества выпеченных изделий показала, что кексы на основе кукурузной муки сохраняли равномерную развитую мелкую пористость, разрыхленную структуру, не имели пустот и признаков непромеса при замене на амарантовую муку до 20,0 % от рецептурного количества муки; кексы на основе рисовой муки – во всем изученном интервале дозировки амарантовой муки (до 25,0 % включительно) характеризовались так же. Кексы на основе кукурузной муки поднимались хуже.

Амарантовая мука, используемая в данной работе, представляет собой тонкодисперсный порошок кремово-коричневого цвета (рис. 1), поэтому ее введение в состав теста оказывало существенное влияние на цвет выпеченных изделий. По мере увеличения дозировки амарантовой муки – от 15,0 % и выше – цвет кексов приобретал более темный оттенок (кексы из одной кукурузной муки имели умеренно желтый цвет мякиша, кексы из одной рисовой муки – светло-кремовый цвет), пористость мякиша становилась несколько менее развитой и уплотненной (рис. 2), корковый слой – более толстым и подсушенным (рис. 3).

Начиная с дозировки амарантовой муки 15–17,5 % кексы приобретали слабвыраженный хруст от сохраняющихся в амарантовой муке

оболочек семян амаранта. Вкус кукурузной и рисовой муки ослабевал, в мякише изделий становились заметны темные включения частиц амарантовой муки.

Согласно результатам физико-химических испытаний (рис. 4–6), увеличение в тесте доли амарантовой муки сопровождалось почти линейным снижением влажности и щелочности кексов. При этом кексы на основе рисовой муки почти по всем вариантам исследования имели более высокую влажность, вероятно, изначально обусловленную более высоким содержанием крахмала в рисовой муке по сравнению с кукурузной.

Очевидно, что наблюдаемая динамика оцениваемых физико-химических показателей связана с более низкой влажностью амарантовой муки и наличием в ее составе остаточного количества масла, свободные жирные кислоты которого частично компенсируют щелочную реакцию предусмотренного рецептурой разрыхлителя. Определенное влияние на значение щелочности могут оказывать и белковые компоненты амарантовой муки.

С повышением дозировки амарантовой муки изделия становились более плотными, что обусловлено ухудшением разрыхленности мякиша изделий. Значение этого показателя можно считать превысившим норматив только при замене на амарантовую муку от 20 % и более (при использовании рисовой муки – и более 25 %) – при использовании в качестве основного компонента мучной смеси кукурузной муки.

По содержанию золы, нерастворимой в 10 % растворе соляной кислоты, кексы всех вариантов рецептов соответствовали требованиям ГОСТ 15052–2014 (не более 0,1 %).

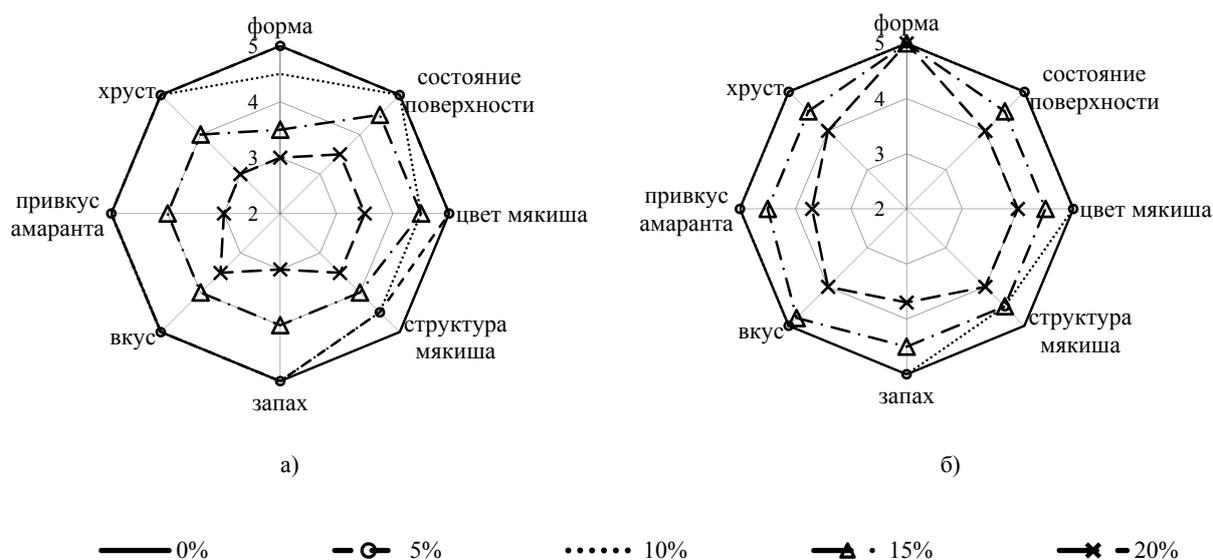


Рисунок 2 – Зависимость результатов дегустационной оценки кексов от дозировки амарантовой муки: а) кексы на основе кукурузной муки; б) кексы на основе рисовой муки

Figure 2 – Dependence of cupcake taste assessment results on the amaranth flour proportion: a) cupcakes cooked using corn flour; b) cupcakes cooked using rice flour

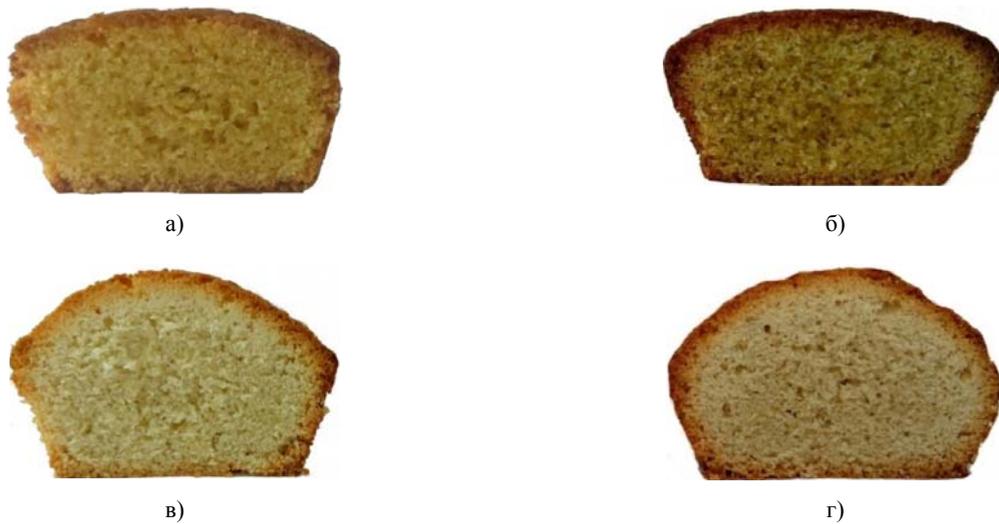


Рисунок 3 – Фото выпеченных изделий, в разрезе: а) кекс из кукурузной муки; б) кекс из смеси кукурузной и амарантовой муки в соотношении 85,0 % : 15,0 %; в) кекс из рисовой муки; г) кекс из смеси рисовой и амарантовой муки в соотношении 75,0 % : 25,0 %

Figure 3 – Picture of the cut baked products: a) cupcake baked from corn flour; b) cupcake baked from the mixture of corn and amaranth flour in the ratio of 85.0% : 15.0%; c) cupcake baked from rice flour; d) cupcake baked from the mixture of rice and amaranth flour in the ratio of 75.0% : 25.0%

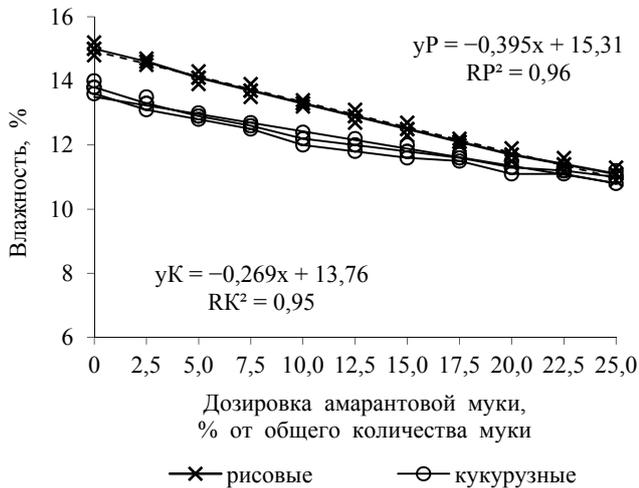


Рисунок 4 – Влияние дозировки амарантовой муки на влажность кексов

Figure 4 – Influence of amaranth flour proportion on cupcake humidity

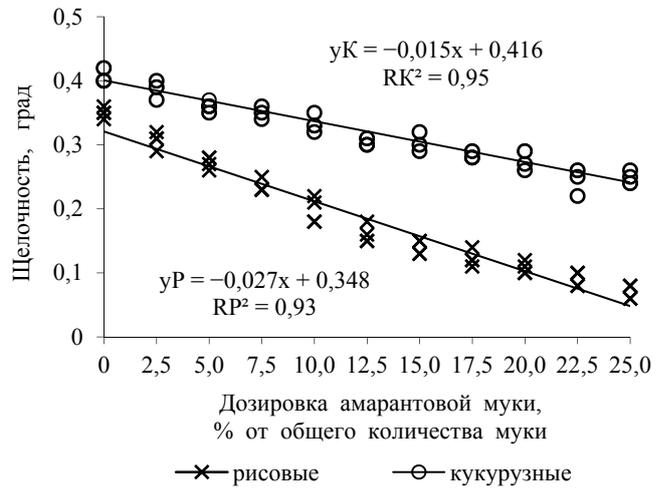


Рисунок 5 – Влияние дозировки амарантовой муки на щелочность кексов

Figure 5 – Influence of amaranth flour proportion on cupcake alkali content

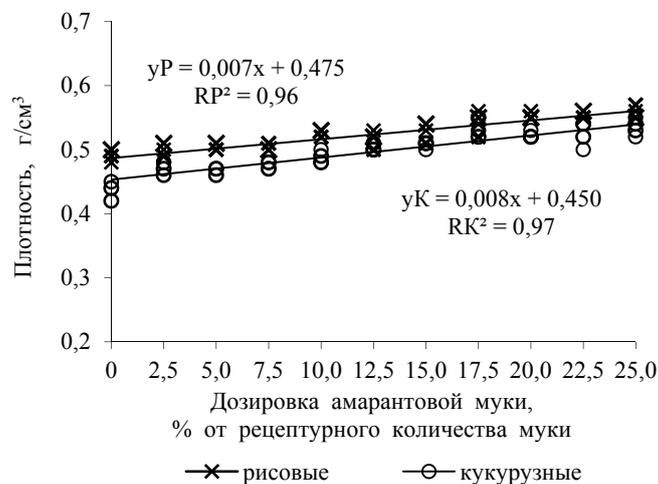


Рисунок 6 – Влияние дозировки амарантовой муки на плотность мякиша кексов

Figure 6 – Influence of amaranth flour proportion on cupcake crumb toughness

Таблица 3 – Рецептуры пищевых концентратов – полуфабрикатов безглютеновых кексов

Table 3 – Recipes of food concentrates – semi-finished gluten-free cupcakes

Наименование сырья	Массовая доля СВ, %	Расход сырья на 100 кг готовой продукции, кг			
		рецептура № 1		рецептура № 2	
		в натуре	в СВ	в натуре	в СВ
Мука кукурузная	87,70	50,00	43,85	–	–
Мука рисовая	87,40	–	–	47,16	41,22
Мука амарантовая	92,00	5,43	5,00	8,33	7,66
Пудра сахарная рафинадная	99,85	35,44	35,39	35,39	35,34
Меланж сухой	94,00	8,07	7,59	8,06	7,58
Соль поваренная пищевая	96,50	0,10	0,10	0,10	0,10
Аммоний углекислый	–	0,96	–	0,96	–
ИТОГО:	–	100,00	91,93	100,00	91,95

Таблица 4 – Пищевая ценность полуфабрикатов безглютеновых кексов

Table 4 – Nutritional value of semi-finished gluten-free cupcakes

Наименование компонента	Содержание компонента, в 100 г полуфабриката		
	по рецептуре № 1	по рецептуре № 2	кексов «Ванильный», «Лимонный» «МакМастер»
Белки, г	7,9	8,4	0,5
Жиры, г	4,9	3,6	20,0
Углеводы, г	70,3	68,0	61,0
Пищевые волокна, г	1,2	3,4	0,0

По результатам проведенных исследований оптимальными соотношениями кукурузной и амарантовой муки для получения безглютеновых кексов можно считать 10,0–12,5 % : 90,0–87,5 %, рисовой и амарантовой муки – 15,0–17,5 % : 85,0–82,5 %.

В связи с тем, что соотношения 12,5 % : 87,5 % и 17,5 % : 82,5 % являются пороговыми (прежде всего по результатам органолептической оценки), за основу при составлении рецептов пищевых концентратов – полуфабрикатов безглютеновых кексов (табл. 3) были взяты экспериментальные рецептуры на основе кукурузной муки с добавлением амарантовой муки в количестве 10 % и рецептуры на основе рисовой муки с добавлением амарантовой муки в количестве 15 %.

Расчет пищевой ценности полуфабрикатов безглютеновых кексов разработанных рецептов (табл. 4) показывает, что, по сравнению с безбелковыми смесями для выпечки кексов ТМ «МакМастер», в кукурузно-амарантовом (рецептура № 1) и рисово-амарантовом (рецептура № 2) кексах улучшается соотношение основных пищевых веществ. Повышается содержание легкоусвояемых безглютеновых белков (в 16 раз: 7,9–8,4 г/100 г полуфабриката против 0,5 г/100 г) и пищевых волокон (1,2–3,4 г/100 г в полуфабрикатах предлагаемых рецептур по сравнению с 0 г/100 г

в смесях для приготовления кексов ТМ «МакМастер»), снижается общее количество входящих в состав мучных смесей жиров (в 4–5 раз: 3,6–4,9 г/100 г в полуфабрикатах предлагаемых рецептур против 20,0 г/100 г в смесях для приготовления кексов ТМ «МакМастер»), представленных в аналогах – безбелковых смесях для выпечки кексов ТМ «МакМастер» – «сухим растительным жиром».

### Выводы

Таким образом, на основании результатов проведенных исследований можно утверждать, что использование амарантовой муки при разработке полуфабрикатов безглютеновых кексов позволяет получать продукт, не уступающий по качеству изделиям, приготовленным на основе рисовой и кукурузной муки, а также значительно повысить пищевую ценность изделий и пополнить ассортимент безглютеновых продуктов питания отечественного производства.

Кроме того, соотношение цен на амарантовую и безглютеновую рисовую или кукурузную муку на российском продовольственном рынке не превышает 2:1, что свидетельствует о потенциальной возможности получения полуфабрикатов безглютеновых продуктов с амарантовой мукой, более конкурентоспособных по цене в сравнении с аналогами зарубежного производства.

### Список литературы

1. Стратегия развития пищевой и перерабатывающей промышленности Российской Федерации на период до 2020 года : Распоряжение Правительства РФ от 17.04.2012 № 559-р [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/902343994>. – Дата доступа: 01.01.2018.

2. Резниченко, И. Ю. Теоретические аспекты разработки и классификации кондитерских изделий специализированного назначения / И. Ю. Резниченко, Е. Ю. Егорова // Техника и технология пищевых производств. – 2013. – № 3. – С. 133–138.

3. Резниченко, И. Ю. Совершенствование ассортимента кондитерских изделий специализированного назначения / И. Ю. Резниченко, Н. Н. Зоркина, Е. Ю. Егорова // Ползуновский вестник. – 2016. – № 2. – С. 4–7.
4. Копишинская, С. В. Современные представления о целиакии / С. В. Копишинская // Казанский медицинский журнал. – 2016. – Т. 97, № 1. – С. 101–107. <https://doi.org/10.17750/KMJ2016-101>.
5. Целиакия: болезнь и образ жизни / Д. С. Михалик [и др.] // Земский врач. – 2012. – № 4. – С. 35–38.
6. Резниченко, И. Ю. Современные требования к качеству и безопасности безглютеновой продукции в Великобритании. Информационное обеспечение потребителей / И. Ю. Резниченко, Ю. А. Алешина // Ползуновский вестник. – 2011. – № 3/2. – С. 219–222.
7. Лечение и профилактика глютенчувствительной целиакии / Л. М. Крумс [и др.] // Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. – 2011. – № 2. – С. 86–92.
8. Haines, M. L. Systematic review: The evidence base for long-term management of coeliac disease / M. L. Haines, R. P. Anderson, P. R. Gibson // *Alimentary Pharmacology & Therapeutics*. – 2008. – № 28. – P. 1042–1066. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2036.2008.03820.x>.
9. ТР ТС 027/2012. О безопасности отдельных видов специализированной пищевой продукции, в том числе диетического лечебного и диетического профилактического питания : прин. Решением Совета Евразийской экономической комиссии от 15 июня 2012 г. № 34. – 26 с.
10. Рынок безглютеновой продукции // Пищевая индустрия. – 2017. – № 1 (31). – С. 8–10.
11. Аширова, Н. Н. Разработка новых рецептур и технологий безглютеновых кулинарных изделий на основе рисовой муки / Н. Н. Аширова // Научное обозрение. – 2014. – № 9–1. – С. 17–19.
12. Шнейдер, Д. В. Безглютеновые смеси для выпечки из кукурузной, рисовой и гречневой муки / Д. В. Шнейдер, Е. И. Крылова // Пищевая промышленность. – 2012. – № 8. – С. 63–65.
13. Дворядкина, Е. Б. Особенности рынка полуфабрикатов для производства мучных кулинарных изделий / Е. Б. Дворядкина, О. В. Чугунова, В. М. Тиунов // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. – 2016. – № 6 (14). – С. 32–41.
14. Мысаков, Д. С. Разработка и товароведная оценка безглютенового бисквитного полуфабриката : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.18.15 / Мысаков Денис Сергеевич. – Екатеринбург, 2016. – 19 с.
15. Домбровская, Я. П. Обогащение сухих смесей для производства безглютеновых кексов / Я. П. Домбровская, А. В. Сурмина, Д. А. Закалюжный // Вестник ВГУИТ. – 2017. – Т. 79, № 1 (71). – С. 130–133. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2017-1-130-133>.
16. Болдина, А. А. Разработка технологий хлеба и безглютеновых мучных кондитерских изделий, обогащенных рисовой мукой : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.01 / Болдина Анастасия Андреевна. – Краснодар, 2015. – 204 с.
17. Сибиль, А. В. Разработка технологии смесей для полуфабрикатов мучных изделий / А. В. Сибиль, И. Ю. Резниченко, И. А. Бакин // Ползуновский вестник. – 2012. – № 2/2. – С. 153–157.
18. Разработка рецептуры и оценка качества обогащенного кекса / Г. А. Губаненко [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2017. – Т. 45, № 2. – С. 34–40.
19. Технологические инструкции по производству мучных кондитерских изделий. – М. : Пищепромиздат, 1992. – 288 с.
20. Особенности микроструктуры и химического состава продуктов переработки зерна амаранта / Н. А. Шмалько [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2011. – № 1. – С. 57–63.
21. Смирнов, С. О. Разработка технологии разделения зерна амаранта на анатомические части и получения из них нативных продуктов : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.01 / Смирнов Станислав Олегович. – М., 2006. – 215 с.
22. Амарантовая мука: характеристика, сравнительный анализ, возможности применения / И. М. Жаркова [и др.] // Вопросы питания. – 2014. – № 1. – С. 67–73.
23. Amaranth seeds and products – the source of bioactive compounds / D. Ogrodowska [et al.] // *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*. – 2014. – Vol. 64 (3). – P. 165–170. <https://doi.org/10.2478/v10222-012-0095-z>.
24. The content and characterization of nutrients in amaranth products / M. Piecyk [et al.] // *Bromatologia I Chemia Toksykologiczna*. – 2009. – № 42. – P. 147–153.
25. Потенциальные возможности амарантовой муки как безглютенового продукта / А. А. Звягин [и др.] // Вопросы детской диетологии. – 2015. – Т. 13, № 2. – С. 46–51.
26. Матвеева, И. В. Амарантовая мука в качестве сырья для производства безглютеновых мучных кондитерских изделий / И. В. Матвеева, В. В. Нестеренко // Хлебопродукты. – 2012. – № 11. – С. 48–50.

## References

1. *Strategiya razvitiya pishchevoy i pererabatyvayushchey promyshlennosti Rossiyskoy Federatsii na period do 2020 goda* [Food and processing industry development strategy in the Russian Federation up to 2020]. Russian Federation Government Decree. 17.04.2012, No. 559-р. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/902343994>. (accessed 1 January 2018).
2. Reznichenko I.Yu., Egorova E.Yu. Teoreticheskiye aspekty razrabotki i klassifikatsii konditerskikh izdeliy spetsializirovannogo naznacheniya [Theoretical aspects of development and classification of special purpose confectionery]. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv* [Food Processing: Techniques and Technology], 2013, no. 3, pp. 133–138.
3. Reznichenko I.Yu., Zorkina N.N., Egorova E.Yu. Sovershenstvovaniye assortimenta konditerskikh izdeliy spetsializirovannogo naznacheniya [Extension of special-use confectionery goods product range]. *Polzunovskiy vestnik* [Polzunovsky Vestnik], 2016, no. 2, pp. 4–7.

4. Kopishinskaya S.V. Sovremennyye predstavleniya o tseliakii [Modern concepts of celiac disease]. *Kazanskiy meditsinskiy zhurnal* [Kazan Medical Journal], 2016, vol. 97, no. 1, pp. 101–107. <https://doi.org/10.17750/KMJ2016-101>.
5. Mihalik D.S., Zhukov G.V., Nikolaenkova L.I., et al. Tseliakiya: bolezni i obraz zhizni [Coeliac disease and life style]. *Zemskiy vrach* [Zemsky Doctor], 2012, no. 4, pp. 35–38.
6. Reznichenko I.Yu., Aleshina Yu.A. Sovremennyye trebovaniya k kachestvu i bezopasnosti bezglyutenovoy produktsii v Velikobritanii. Informatsionnoye obespecheniye potrebiteley [Modern demands for quality and safety of gluten-free products in Great Britain. Consumer information support]. *Polzunovskiy vestnik* [Polzunovsky Vestnik], 2011, no. 3/2, pp. 219–222.
7. Krums L.M., Parfenov A.I., Sabel'nikova E.A., et al. Lecheniye i profilaktika glyutenchuvstvitel'noy tseliakii [Treatment and preventive treatment of celiac disease]. *Eksperimental'naya i klinicheskaya gastroenterologiya* [Experimental & Clinical Gastroenterology], 2011, no. 2, pp. 86–92.
8. Haines M.L., Anderson R.P., Gibson P.R. Systematic review: The evidence base for long-term management of coeliac disease. *Alimentary Pharmacology & Therapeutics*, 2008, no. 28, pp. 1042–1066. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2036.2008.03820.x>.
9. TR TS 027/2012. O bezopasnosti otdel'nykh vidov spetsializirovannoy pishchevoy produktsii v tom chisle dieticheskogo lechebnogo i dieticheskogo profilakticheskogo pitaniya [Technical Regulations of the Customs Union 027/2012. On safety of certain types of specialized food products including therapeutic and preventive dietary food]. 26 p.
10. Rynok bezglyutenovoy produktsii [Gluten-free products market]. *Pishcheyaya industriya* [Food Industry], 2017, no. 1(31), pp. 8–10.
11. Ashirova N.N. Razrabotka novykh retseptur i tekhnologiy bezglyutenovykh kulinarnykh izdeliy na osnove risovoy muki [Development of new recipes and technologies of gluten-free culinary products based on rice flour]. *Nauchnoe obozrenie* [Science Review], 2014, no. 9–1, pp. 17–19.
12. Shneider D.V., Krylova E.I. Bezglyutenovyye smesi dlya vypechki iz kukuruznoy, risovoy i grechnevoy muki [Gluten-free mixes for baking based on cornflour, rice-flour and buckwheat flour]. *Pishcheyaya promyshlennost'* [Food Processing Industry], 2012, no. 8, pp. 63–65.
13. Dvoryadkina E.B., Chugunova E.B., Tiunov V.M. Osobennosti rynka polufabrikatov dlya proizvodstva muchnykh kulinarnykh izdeliy [Features of the market for the production of semi-finished flour culinary products]. *Tekhnologii pishchevoy i pererabatyvayushchey promyshlennosti APK – produkty zdorovogo pitaniya* [Technologies for the Food and Processing Industry of Aic – Healthy Food], 2016, no. 6(14), pp. 32–41.
14. Mysakov D.S. *Razrabotka i tovarovednaya otsenka bezglyutenovogo biskvitnogo polufabrikata*. Avtoref. diss. kand. tekhn. nauk [Development and trade analysis of gluten-free semi-finished sponge cake. Cand. eng. sci. thesis]. Ekaterinburg, 2016. 19 p.
15. Dombrovskaya Ya.P., Surmina A.V., Zakalyuzhnyi D.A. Obogashcheniye sukhikh smesey dlya proizvodstva bezglyutenovykh keksov [Enrichment of dry mixes for gluten-free muffins]. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies], 2017, vol. 79, no. 1(71), pp. 130–133. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2017-1-130-133>.
16. Boldina A.A. *Razrabotka tekhnologiy khleba i bezglyutenovykh muchnykh konditerskikh izdeliy, obogashchennykh risovoy muchkoy*. Diss. kand. tekhn. nauk [Development of production technology of bread and gluten-free flour confectionery enriched by rice bran. Cand. eng. sci. diss.]. Krasnodar, 2015. 204 p.
17. Sibil' A.V., Reznichenko I.Yu., Bakin I.A. Razrabotka tekhnologii smesey dlya polufabrikatov muchnykh izdeliy [Mixtures production technology development for obtaining semi-finished baked goods]. *Polzunovskiy vestnik* [Polzunovsky Vestnik], 2012, no. 2/2, pp. 153–157.
18. Gubanenko G.A., Pushkareva E.A., Rechkina E.A., et al. Razrabotka retseptury i otsenka kachestva obogashchennogo kekso [Formulation development and quality evaluation of enriched cake]. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv* [Food Processing: Techniques and Technology], 2017, vol. 45, no. 2, pp. 34–40.
19. *Tekhnologicheskkiye instruksii po proizvodstvu muchnykh konditerskikh izdeliy* [Technology guidelines for flour confectionery goods production]. Moscow: Pishchepromizdat Publ., 1992. 288 p.
20. Shmalko N.A., Chalova I.A., Moiseenko N.A., et al. Osobennosti mikrostruktury i khimicheskogo sostava produktov pererabotki zerna amaranta [Microstructure features and chemical composition of amaranth grain processing food products]. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv* [Food Processing: Techniques and Technology], 2011, no. 1, pp. 57–63.
21. Smirnov S.O. *Razrabotka tekhnologii razdeleniya zerna amaranta na anatomicheskkiye chasti i polucheniya iz nikh nativnykh produktov*. Diss. kand. tekhn. nauk [Development of technology for amaranth grain separation into anatomical parts and obtaining native products on their base. Cand. eng. sci. diss.]. Moscow, 2006. 215 p.
22. Zharkova I.M., Miroshnichenko L.A., Zvyagin A.A., et al. Amarantovaya muka: kharakteristika, sravnitel'nyy analiz, vozmozhnosti primeneniya. *Voprosy pitaniya* [Nutrition Problems], 2014, no. 1, pp. 67–73.
23. Ogrodowska D., Zadernowski R., Czaplicki S., et al. Amaranth seeds and products – the source of bioactive compounds. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 2014, vol. 64(3), pp. 165–170. <https://doi.org/10.2478/v10222-012-0095-z>.
24. Piecyk M., Worobiej E., Rebiś M., et al. The content and characterization of nutrients in amaranth products. *Bromatologia I Chemia Toksykologiczna*, 2009, no. 42, pp. 147–153. (In Polish).
25. Zvyagin A.A., Bavykina I.A., Zharkova I.M., et al. Potentsial'nyye vozmozhnosti amarantovoy muki kak bezglyutenovogo produkta [Potential of amaranth flour as a gluten-free product]. *Voprosy detskoy diyetologii* [Pediatric Nutrition], 2015, vol. 13, no. 2, pp. 46–51.
26. Matveeva I.V., Nesterenko V.V. Amarantovaya muka v kachestve syr'ya dlya proizvodstva bezglyutenovykh muchnykh konditerskikh izdeliy [Amaranth flour as a raw material for gluten-free flour confectionery production]. *Khleboprodukty* [Bread Products], 2012, no. 11, pp. 48–50.

**Егорова Елена Юрьевна**

д-р техн. наук, доцент, профессор кафедры технологии хранения и переработки зерна, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова», 656038, г. Барнаул, ул. Ленина, 46, e-mail: egorovaeyu@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-4990-943X>

**Резниченко Ирина Юрьевна**

д-р техн. наук, профессор кафедры управления качеством, ФГБОУ ВПО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, e-mail: irina.reznichenko@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-7486-4704>

**Elena Yu. Egorova**

Dr.Sci.(Eng.), Associate Professor, Professor of the Department of Technology of Storage and Grain Processing, Polzunov Altai State Technical University, 46, Lenina Ave., Barnaul, 656038, Russia, e-mail: egorovaeyu@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-4990-943X>

**Irina Yu. Reznichenko**

Dr.Sci.(Eng.), Professor of the Department of Quality Management, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, e-mail: irina.reznichenko@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-7486-4704>



<https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-2-46-53>  
УДК 633.11:664.8

## ПОДГОТОВКА ЗЕРНА ПШЕНИЦЫ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ТЕХНОЛОГИИ КОНСЕРВОВ «ВТОРЫЕ ОБЕДЕННЫЕ БЛЮДА»

М. Л. Зенькова\* , Д. А. Бабич 

Дата поступления в редакцию: 21.02.2018

Дата принятия в печать: 21.05.2018

УО «Белорусский государственный экономический университет»,  
220070, Беларусь, г. Минск, пр-т Партизанский, 26

\*e-mail: mariya\_lz@mail.ru



© М. Л. Зенькова, Д. А. Бабич, 2018

**Аннотация.** Современные тенденции максимального использования всех анатомических частей зерновки в питании человека обуславливают интерес к разработке готового к употреблению консервированного продукта на основе подготовленного целого зерна «Вторые обеденные блюда» в удобной полимерной упаковке. Предложен способ подготовки зерна пшеницы путем замачивания, бланширования и добавления в консервы в качестве одного из ингредиентов рецептуры. Объектом исследований являлось зерно пшеницы голозерное, выращенное в Беларуси. Исследованы показатели качества зерна по стандартным методикам, этапы подготовки зерна, изменение микрофлоры при подготовке, установлены параметры бланширования подготовленного зерна. Определен коэффициент набухания  $k = 1,3$  при замачивании зерна пшеницы в воде (температура  $(18 \pm 2)$  °C в течение 30 ч, смена воды каждые 5 ч) до влажности  $(44,4 \pm 1)$  %. Энергия прорастания зерна 92,0–96,2 % и коэффициент набухания  $k = 1,3$  учитываются при расчете норм расхода сырья в производстве консервированной продукции. Установлено, что в процессе замачивания зерна микробная обсемененность значительно увеличивается, и это увеличение наблюдается с увеличением времени замачивания. Проведена оптимизация процесса бланширования пророщенного зерна и установлены технологические параметры бланширования: температура 95–98 °C, продолжительность 20 мин. Исследован процесс поглощения зерном раствора соли после стерилизации в процессе хранения модельных образцов консервов и установлено, что впитывание прекращается по истечении 60 суток хранения, при этом коэффициент набухания зерна составляет  $k = 1,12$ .

**Ключевые слова.** Пшеница мягкая, зерно, консервирование, технологические параметры

**Для цитирования:** Зенькова, М. Л. Подготовка зерна пшеницы при разработке технологии консервов «Вторые обеденные блюда» / М. Л. Зенькова, Д. А. Бабич // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 2. С. 46–53. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-2-46-53>.

## WHEAT GRAIN PREPARING FOR PRODUCTION OF CONSERVED FOOD “SECOND COURSE FOR LUNCH”

M.L. Zenkova\* , D.A. Babich 

Received: 21.02.2018

Accepted: 21.05.2018

Belarus State Economic University,  
26, Partizanski Ave., Minsk, 220070, Belarus

\*e-mail: mariya\_lz@mail.ru



© M.L. Zenkova, D.A. Babich, 2018

**Abstract.** Modern trends which imply maximum using of all caryopsis anatomical parts in people’s diet present a great interest from the point of view of developing a ready-to-eat preserved food “Second Course for Lunch” based on prepared whole grain in a convenient polymer package. The author suggested using the method of preparing wheat grain by means of steeping, parboiling, and adding it in the preserved food as one of the recipe ingredients. The subject of the study was hullless wheat grain harvested in the Republic of Belarus. The author studied grain quality parameters using standard procedures, grain preparation stages, changes in microbial flora during preparation. Besides, parboiling parameters of the prepared grain were determined. Swelling ratio was determined ( $k = 1.3$ ) for wheat grain steeping in water at  $18 \pm 2$  °C during 30 hours with water changes every 5 hours till humidity reached  $44.4 \pm 1$  %. Seed vigor (92.0–96.2 %) and swelling ratio ( $k = 1.3$ ) are considered during calculation of raw material usage rate in the production of preserved food. It was determined that during steeping bacterial content rises sufficiently, and that process takes place when steeping period increases. The author optimized the process of sprouted grain parboiling and determined parboiling technological parameters: at 95–98 °C for 20 min. The process of salt solution absorption by grain after processing during storage of preserved food model samples was considered. The author found out that absorption stops after 60 days of storage. Grain swelling ratio is  $k = 1.12$ .

**Keywords.** Soft wheat, grain, conservation, technological parameters

**For citation:** Zenkova M.L., Babich D.A. Wheat grain preparing for production of conserved food “Second course for lunch”. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2018, vol. 48, no. 2, pp. 46–53 (In Russ.). <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-2-46-53>.

## Введение

Современные тенденции максимального использования всех анатомических частей зерновки в питании человека обуславливают интерес к разработке готового к употреблению продукта на основе целого зерна. В производстве консервированной продукции из зерновых культур используют зерно кукурузы определенных сортов для производства консервов «Кукуруза сахарная консервированная», а также крупы для производства мясорастительных, растительно-мясных, рыбо-растительных, растительно-рыбных консервов, в том числе для детского питания. Учеными проводятся исследования по использованию зерна для расширения ассортимента пищевых продуктов на основе зерна или с добавлением зерна. Широко используется проращивание для производства проросших зерновых культур для потребления в повседневной жизни. При проращивании накапливаются различные биологически активные соединения, поэтому такие продукты часто рекомендуют для употребления в качестве функциональных с целью предупреждения хронических заболеваний [1, 2]. Однако повышение контаминации микроорганизмами пророщенного зерна при проращивании является одним из сдерживающих факторов применения пророщенного зерна в общественном питании и для обогащения продуктов питания без дополнительной обработки [3, 4]. Многие исследования ученых посвящены разработке продуктов из пророщенного зерна, а также продуктов с добавлением пророщенного зерна и семян с целью повышения их пищевой ценности [5–13].

В Беларуси исследования по разработке технологии проращивания и изучению возможности использования пророщенного зерна в производстве пищевых продуктов проведены учеными Могилевского государственного университета продовольствия [14–18]. Также проводятся исследования по разработке технологии консервированных продуктов на основе зерна пшеницы [19]. В настоящее время большое внимание уделяется разработке продуктов со сбалансированным составом, с пониженным содержанием сахара и жира, с содержанием полезных для здоровья человека ингредиентов, с длительным сроком годности, быстрого приготовления и безопасных для человека. Темп современной жизни ставит многих потребителей в условия постоянной нехватки времени на завтрак или обед, а продукты длительного хранения (консервы) могут стать альтернативой продуктам быстрого питания. Немаловажными критериями для потребителей при выборе таких продуктов являются отсутствие специальных условий хранения, удобство приготовления (разогрев в СВЧ-печках) и употребления (достаточно вскрыть упаковку и переложить блюдо в тарелку). Одним из перспективных направлений в разработке продуктов данной группы является проектирование и производство продуктов многокомпонентного состава, сочетающих в себе сбалансированный

комплекс необходимых организму пищевых веществ. При разработке консервированных продуктов «Вторые обеденные блюда» с добавлением зерна необходимо учитывать особенности строения зерновки, особенности подготовки и химического состава зерна пшеницы, а также ожидания потребителей при употреблении таких продуктов. Готовый продукт представляет собой смесь из подготовленных овощей, целых отварных шампиньонов (не менее 12%), подготовленного зерна пшеницы (не менее 20%), овощного пюре (томатного, морковного и тыквенного), соли, лимонной кислоты для корректировки вкуса, перца горького и перца душистого. В составе проектируемого продукта предполагается использовать подготовленное зерно пшеницы как источник пищевых волокон, что также позволит расширить ассортимент и увеличить спрос на консервированные вторые обеденные блюда. Поскольку данное сырье не является характерным для консервной отрасли, его использование для консервирования требует разработки технологии по подготовке сырья.

Цель исследований – обоснование основных этапов процесса подготовки зерна пшеницы, предназначенного для изготовления консервированных продуктов в части вторых обеденных блюд. Поставленная цель достигается путем последовательного решения следующих задач: изучение физико-химических показателей качества и изменения микрофлоры зерна пшеницы при замачивании, установление оптимальных параметров бланширования зерна, изучение кинетики набухания зерновки при замачивании, бланшировании зерна и хранении модельных образцов консервов.

## Объекты и методы исследования

Объектом исследований являлось зерно пшеницы голозерное сорта Рассвет, выращенное в Беларуси в период 2010–2017 гг., со следующими показателями: содержание влаги ( $8,7 \pm 0,5$ ) %, содержание азота ( $3,58 \pm 0,08$ ) %, содержание крахмала ( $50,4 \pm 0,7$ ) %, содержание жира ( $1,93 \pm 0,1$ ) %.

При выполнении работы применялись следующие методы исследования: наблюдение, сравнение, счет, измерение, эксперимент, аналогия и обобщение. Содержание основных питательных веществ определяли в соответствии с действующими в Республике Беларусь техническими нормативными правовыми актами по стандартным методикам для зерна и продуктов его переработки, а также для продуктов переработки фруктов и овощей, так как подготовленное зерно в сочетании с подготовленными овощами употребляется в пищу в виде консервов (готовых продуктов) и показатели качества продуктов указываются без пересчета на сухое вещество. Содержание азота определяли по ГОСТ 26889-86 на приборе Kjelttek, массовую долю крахмала – поляриметрическим методом по ГОСТ 10845-98, содержание жира – по ГОСТ 29033-91 и гравиметрическим методом с экстракцией жира бензином по ГОСТ 8756.21-89, общее количество

сахаров (в расчете на инвертный) и массовую долю редуцирующих сахаров – перманганатным методом по ГОСТ 8756.13-87. Содержание влаги определяли по ГОСТ 13586.5-2015 и ГОСТ 28561-90, массовую долю золы – по ГОСТ 28418-89 и ГОСТ 25555.4-91, массовую долю клетчатки – по ГОСТ 13496.2-91. Исследования энергии прорастания и способности прорастания зерна проводились по ГОСТ 10968-88. Исследования проводили в двух последовательных пробах не менее четырех параллельных измерений. Исследования микробиологических показателей проводили в соответствии с ГОСТ 28805-90 и ГОСТ 10444.15-94. Этапы проведения исследований по подготовке зерна пшеницы при производстве консервированных продуктов представлены на рис. 1.

### Результаты и их обсуждение

Подготовка зерна заключается в удалении примесей из зерновой массы, очистке и мойке поверхности зерна. При использовании зерна в консервировании определяли физические показатели зерна пшеницы, такие как энергия прорастания (92,0–96,2 %) и способность к прорастанию (92,4–96,0 %). Высокое значение показателя прорастания является одной из характеристик, показывающей активизацию имеющихся в зерне ферментов. После удаления примесей было исследовано качество сухого зерна, результаты представлены в табл. 1.

Важным этапом подготовки зерна к консервированию является его замачивание с целью набухания и размягчения оболочек. Во время замачивания зерно получает необходимое количество воды, что способствует развитию основных биологических процессов. Замачивание зерна проводят, как правило, в течение 10–24 ч. В процессе набухания увеличивается активность ферментов, ускоряется расщепление сложных запасных веществ на более простые, легко растворимые, которые служат питанием для развивающегося зародыша. Скорость активизации ферментных систем зависит от продолжительности замачивания зерна. Поэтому, чтобы зерно приобрело характерный сладковатый вкус, процесс замачивания проводили в течение 30 ч. Промытую

зерновую массу замачивали в открытых варочных котлах, заливая ее питьевой водой так, чтобы над поверхностью зерна слой воды был не более 20 мм. Всплывшие на поверхность щуплые и мелкие зерна удаляли. Замачивание проводили в условиях производственной базы предприятия по переработке фруктов и овощей при температуре  $(18 \pm 2)$  °С в течение 30 ч. В ходе замачивания воду 6 раз меняли на свежую, а зерно перемешивали [20]. При смене воды происходит эффект аэрации зерна для предотвращения анаэробного дыхания. Процесс поглощения воды клетками зерна приводит к прорастанию, и росток при этом достигает длины 1,0–2,0 мм. При такой длине роста отмечается максимальная биологическая ценность зерна [9, 15, 21]. Влияние замачивания и проращивания зерна на изменение морфологии гранул крахмала, на молекулярную структуру, физико-химические и технологические свойства зерна подробно исследовано многими учеными и практиками [8, 15–18, 23]. Известны способы проращивания зерна в пивоварении, где процесс проращивания характеризуется также тремя визуально наблюдаемыми явлениями: поглощение воды зерном, начинающимся развитием зародыша и превращениями резервных веществ, имеющихся в эндосперме [22].

Научные подходы, направленные на разработку технологии производства консервированных продуктов питания, должны сочетать в себе сохранение натуральных качеств сырья, питательность готового продукта и хорошие органолептические показатели. На данном этапе работы были исследованы показатели качества сухого зерна, которое находилось в состоянии покоя. Состояние покоя пшеницы нарушается достаточно легко: при повышении влажности зерна и температуры активность ферментов возрастает, в зерне начинаются процессы, ведущие к развитию зародыша в новое растение [20]. Средние данные по химическому составу сухого зерна пшеницы в пересчете на сухое вещество и подготовленного для консервирования зерна без пересчета на сухое вещество представлены в табл. 1.

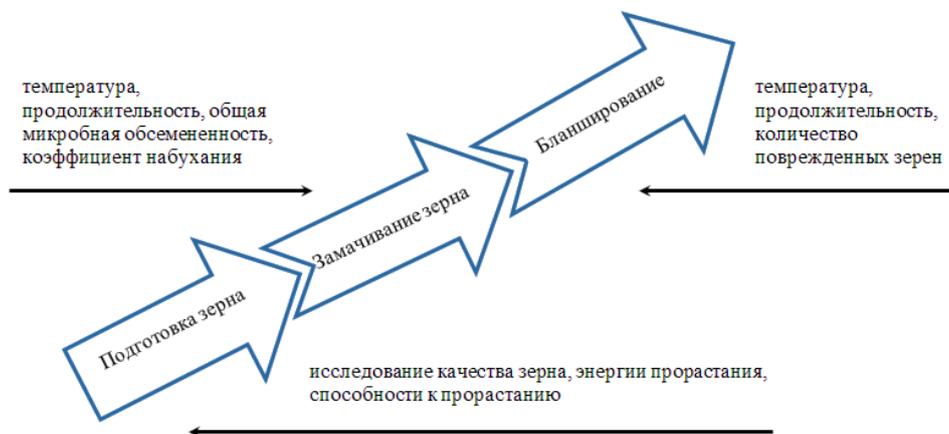


Рисунок 1 – Этапы исследований по подготовке зерна пшеницы при производстве консервированных продуктов

Figure 1 – Research stages devoted to wheat grain preparation during preserved food production

Таблица 1 – Химический состав сухого и подготовленного зерна пшеницы (средние данные)

Table 1 – Chemical composition of dry and prepared wheat grain (average data)

Наименование показателей	Сухое зерно	Подготовленное зерно
Содержание влаги, %	8,70 ± 0,50	44,40 ± 1,00
Зольность, %	1,44 ± 0,01	1,96 ± 0,01
Содержание азота, %	3,58 ± 0,07	6,67 ± 0,02
Массовая доля крахмала, %	50,40 ± 0,70	32,43 ± 0,90
Массовая доля клетчатки, %	10,06 ± 0,12	3,30 ± 0,10
Массовая доля жира, %	1,93 ± 0,10	0,21 ± 0,01
Массовая доля сахаров, % общих/редуцирующих	1,99/0,99	0,57/0,22

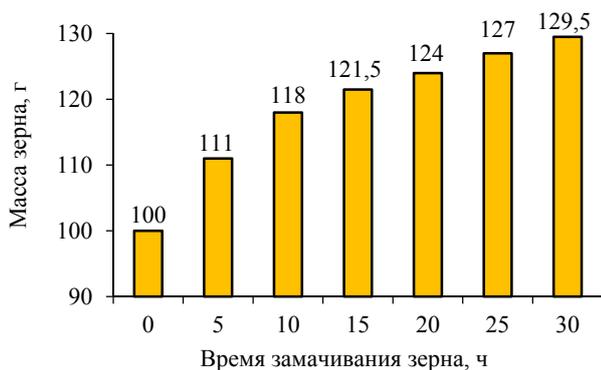


Рисунок 2 – Изменение массы зерна пшеницы при замачивании

Figure 2 – Wheat grain mass changes at steeping



Рисунок 3 – Зерно пшеницы после замачивания

Figure 3 – Wheat grain after steeping

Изменение массы зерна пшеницы при замачивании в расчете на 100 г зерна представлено на рис. 2.

В результате проведения исследований установлено, что при замачивании масса зерна увеличивается и коэффициент набухания зерна пшеницы составляет  $k = 1,3$ . Коэффициент набухания зерна учитывается при проектировании рецептуры и нормы расхода сырья. В процессе замачивания изменяются консистенция и вкус зерна: оно становится более мягким и сладковатым, что связано с гидролизом крахмала и нарастанием содержания сахаров. В начальный период замачивания происходит увеличение массы зерна на 11 % за счет быстрого поглощения зерном воды. С увеличением влагосодержания снижается скорость

поглощения зерном воды, и масса зерна увеличивается в меньшей степени. Особенно замедляется этот процесс при достижении зерном влажности  $(44,4 \pm 1) \%$ . Замачивание зерна прекращали при видимом появлении роста, т. е. когда корешок зародыша проникал через основание зерна и становился видимым (рис. 3). При такой длине корешка не образуются продукты гидролиза жирных кислот, отвечающие за появление ошутимого огуречного запаха в пророщенном зерне.

Также при замачивании увеличивается дыхание зерна пшеницы, поэтому очевидно, что такое зерно хранится значительно хуже, чем сухое, и хранение зерна в производстве консервированной продукции недопустимо. Зерно следует направлять на дальнейшие технологические операции, такие как бланширование и смешивание с другими подготовленными ингредиентами рецептуры.

В числе факторов, влияющих на качество зерна при замачивании, существенная роль принадлежит микроорганизмам. Для оценки фактической микробной контаминации сухого зерна и зерна пшеницы после замачивания определяли количество мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ), плесневых грибов и дрожжей. Для этого готовили водные «болтушки» зерна после замачивания, которые разводили по методу пластинчатых разводов Коха (разведения 1:10, 1:100, 1:1000, 1:10000, 1:100000 и 1:1000000), а затем высевали по  $0,1 \text{ см}^3$  поверхностным способом на соответствующие питательные среды. Контролем служили образцы разведений, приготовленных из «болтушек» сухого зерна. Результаты микробиологических исследований представлены в табл. 2.

Как видно из табл. 2, общая микробная контаминация зерна после замачивания выше, чем у сухого, причем с увеличением времени проращивания численный состав микробиоты зерна увеличивается. Следует отметить, что в процессе замачивания зерна в течение 20 ч количество колоний МАФАнМ увеличилось примерно в 12 раз, плесневых грибов и дрожжей – в 1900 раз и 1550 раз соответственно, что указывает на динамичность и неравномерность распределения микроорганизмов. Высокая микробиологическая контаминация зерна негативно влияет на качество продуктов. С целью снижения микробиологической обсемененности, инактивации ферментов, повышения проницаемости протоплазмы клеток и клейстеризации крахмала зерно пшеницы подвергалось бланшированию (кратковременной тепловой обработке).

Бланширование проводилось в открытых варочных котлах в воде, куда погружалось зерно после замачивания в металлических сетках примерно по 3 кг. Окончание процесса бланширования определяли по органолептическим показателям, а именно по количеству треснувших (поврежденных) зерен. С целью определения оптимального режима бланширования проводилось исследование процесса при различных температурах и продолжительности. Полученные результаты представлены в табл. 3.

Таблица 2 – Динамика изменения микробиоты при замачивании зерна

Table 2 – Dynamic changes in microbiota at wheat steeping

Наименование сырья	Время замачивания, ч	КМАФАнМ, КОЕ/г	Плесени, КОЕ/г	Дрожжи, КОЕ/г
Сухое зерно (контроль)		$9,8 \cdot 10^7$	$2,0 \cdot 10^5$	$2,0 \cdot 10^5$
Подготовленное зерно	12	$4,6 \cdot 10^8$	$1,2 \cdot 10^8$	$1,3 \cdot 10^8$
	20	$1,2 \cdot 10^9$	$3,8 \cdot 10^8$	$3,1 \cdot 10^8$

Таблица 3 – Влияние бланширования на качество зерна

Table 3 – Effect of parboiling on grain quality

Температура, °С	Продолжительность, мин	Коэффициент набухания	Количество поврежденных зерен, %
70–75	10	1,07	0
	20	1,11	0
	30	1,14	1
	40	1,17	3
	50	1,19	6
85–90	10	1,13	0
	20	1,18	2
	30	1,28	4
	40	1,45	9
	50	1,49	14
95–98	10	1,21	1
	20	1,24	2
	30	1,29	5
	40	1,39	8
	50	1,43	14
	60	1,45	21



Рисунок 4 – Зерно пшеницы после бланширования в течение 20 мин при температуре 95–98 °С

Figure 4 – Wheat grain after parboiling during 20 min at 95–98 °С

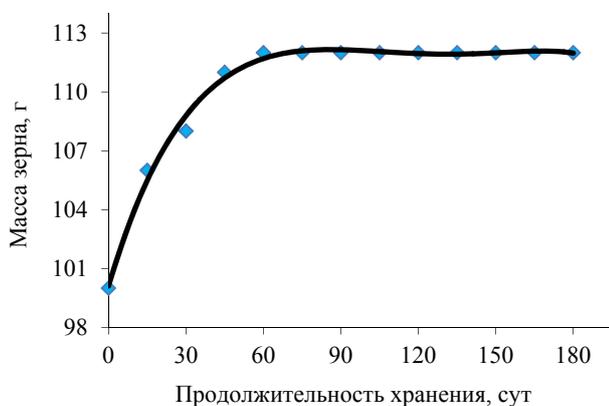


Рисунок 5 – Изменение массы зерна при хранении консервов

Figure 5 – Grain mass changes during preserved food storage

Увеличение температуры до 95–98 °С в процессе бланширования приводит к тому, что наблюдается новый скачок в поглощении воды зерном. Более интенсивно поглощается вода зерном при температуре 95–98 °С в течение 10–20 мин, при более длительном бланшировании (40–60 мин) зерно больше впитывает воду при температуре 85–90 °С. При этом происходят необратимые структурные изменения, а именно разрушается оболочка зерна (рис. 4), также увеличивается масса зерна, и это увеличение не прекращается в течение 60 мин. Увеличение массы зерна влияет на рецептурную закладку зерна в продукт, т. к. за счет увеличения массы и объема зерна норма его расхода уменьшается. Остановить процесс набухания при бланшировании невозможно, поэтому необходимо учитывать это свойство подготовленного зерна при стерилизации готового продукта и его хранения, так как будет происходить поглощение зерном жидкой части продукта. Также бланширование приводит к такому негативному явлению, как растрескивание зерен, что влияет на внешний вид готового продукта. Для сохранения привлекательного внешнего вида готового продукта рекомендуется проводить процесс бланширования при 95–98 °С не более 20 мин.

После бланширования зерно необходимо быстро охладить в целях предупреждения дальнейшего разваривания и растрескивания. Зерно охлаждают орошением холодной питьевой водой, после чего направляют на смешивание с другими ингредиентами рецептуры.

Для установления продолжительности поглощения зерном жидкой части продукта промышленным способом изготавливали модельные образцы консервов: подготовленное бланшированное зерно в количестве 100 г помещали в стеклянную упаковку и заливали раствором соли (3 %) в количестве 100 г, укупоривали крышками и стерилизовали. После стерилизации модельные образцы помещали для хранения в темное помещение при температуре  $(18 \pm 3)$  °С, относительной влажности воздуха не более 75 % и исследовали изменение массы зерна в течение 6 месяцев. Результаты исследований представлены на рис. 5.

Таким образом, в результате исследований установлено, что в процессе хранения модельных образцов с подготовленным зерном наблюдается процесс поглощения зерном водного раствора соли и увеличения массы зерна. Данный процесс не прекращается в результате выдерживания консервов в течение 15 суток, но стабилизируется по истечении 60 суток. При этом коэффициент набухания зерна составляет  $k = 1,12$ .

**Вывод**

Известны способы и изучены процессы замачивания и проращивания зерна многими учеными и практиками. Широкое распространение получило производство продуктов из пророщенного зерна разных культур и семян бобовых. Однако в каждой отрасли имеются свои особенности в переработке зерна. В результате проведенных исследований по подготовке зерна для производства консервов «Вторые обеденные блюда» определены оптимальные параметры процессов предварительной подготовки зерна. Для использования зерна в производстве консервированных продуктов определены физические показатели зерна пшеницы, такие как энергия прорастания (92,0–96,2 %) и способность к прорастанию (92,4–96,0 %). Замачивание зерна в воде в течение 30 ч при температуре (18 ± 3) °С приводит к видимому появлению ростка, изменению консистенции и вкуса зерна. Определен коэффициент набухания при замачивании зерна пшеницы в воде до влажности (44,4 ± 1) %,

который составляет  $k = 1,3$ . Коэффициент набухания учитывается при расчете норм расхода сырья в производстве консервированной продукции. Установлено, что в процессе замачивания зерна микробная обсемененность значительно увеличивается, и это увеличение наблюдается с увеличением времени замачивания. Проведена оптимизация процесса бланширования подготовленного зерна и установлены следующие технологические параметры бланширования: температура 95–98 °С, продолжительность 20 мин. Исследован процесс поглощения зерном раствора соли после стерилизации в процессе хранения модельных образцов консервов и установлено, что поглощение раствора прекращается после 60 суток хранения, при этом коэффициент набухания зерна составляет 1,12. Данные исследования составляют основу технологии подготовки зерна пшеницы на предприятиях по переработке фруктов и овощей при производстве консервированных продуктов «Вторые обеденные блюда».

**Список литературы**

1. Bioactive compounds and bioactivities of germinated edible seeds and sprouts: An updated review [Электронный ресурс] / R.-Y. Gan [et al.] // Trends in Food Science & Technology. – 2017. – Vol. 59. – P. 1–14. Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924224416300966>. – Дата доступа: 11.02.2018. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.11.010>.
2. Germinated grains – Sources of bioactive compounds [Электронный ресурс] / O. N. Donkor [et al.] // Food Chemistry. – 2012. – Vol. 135, iss. 3. – P. 950–959. Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814612008862>. – Дата доступа: 24.04.2017. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.05.058>.
3. Бережная, О. В. Повышение микробиологической безопасности пророщенного зерна пшеницы / О. В. Бережная, Г. Г. Дубцов, Л. И. Войно // Пищевая промышленность. – 2013. – № 6. – С. 28–29.
4. Бережная, О. В. Пророщенное зерно пшеницы в производстве кулинарной продукции / О. В. Бережная, Г. Г. Дубцов, Л. И. Войно // Товаровед продовольственных товаров. – 2014. – № 7. – С. 57–63.
5. Писарева, Е. В. Исследование и разработка технологии мороженого с пророщенным зерном ржи : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.18.04 / Писарева Елена Владимировна. – Кемерово, 2004. – 20 с.
6. Biochemical changes associated with germinating rice grains and germination improvement [Электронный ресурс] / S. Veluppillai [et al.] // Rice Science. – 2009. – Vol. 16, iss. 3. – P. 240–242. Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1672630808600852>. – Дата доступа: 24.04.2017. [https://doi.org/10.1016/S1672-6308\(08\)60085-2](https://doi.org/10.1016/S1672-6308(08)60085-2).
7. Elmoneim, A. Influence of grain germination on functional properties of sorghum flour [Электронный ресурс] / A. Elmoneim, O. Elkhalfifa, R. Bernhardt // Food Chemistry. – 2010. – Vol. 121, iss. 2. – P. 387–392. Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814609014617>. – Дата доступа: 24.04.2017. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.12.041>.
8. Шнейдер, Д. Макароны изделия из цельносолотового и пророщенного зерна пшеницы / Д. Шнейдер // Хлебопродукты. – 2010. – № 8. – С. 46–47.
9. Леонова, С. Разработка технологии национального крупяного продукта из пророщенного зерна / С. Леонова, А. Нигматьянов, М. Фазылов // Хлебопродукты. – 2010. – № 9. – С. 48–49.
10. Сафронова, Т. Н. Технологии пищевых продуктов с использованием переработанного пророщенного зерна пшеницы / Т. Н. Сафронова, О. М. Евтухова // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2014. – № 4. – С. 49–52.
11. Веретнова, О. Ю. Разработка рецептуры мясных комбинированных фаршей с использованием пророщенного зерна пшеницы / О. Ю. Веретнова, Т. Н. Сафронова // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2015. – № 10. – С. 112–115.
12. Пат. № 2223652 Российская Федерация, МПК А 21 D 13/02. Способ производства хлеба из пророщенного зерна пшеницы / Хоперская О. А. ; заявитель и патентообладатель ЗАО «Скай ЛТД». – № 99118607/13 ; заявл. 02.09.1999 ; опубл. 20.02.2004.
13. Пат. 2428029 Российская Федерация, МПК А 21 D 13/02. Способ получения пророщенного зерна пшеницы / Бибик И. В, Хижняк А. А. ; заявитель и патентообладатель Дальневосточный государственный аграрный университет. – № 2010118417/13 ; заявл. 06.05.2010 ; опубл. 10.09.2011, Бюл. № 25. – 2 с.
14. Пат. 10228 Республика Беларусь, МПК А 21 D 13/00, А 23 L 1/185, А 23 L 1/10. Способ производства полуфабриката из пророщенного зерна / О. В. Агеенко [и др.] ; заявитель и патентообладатель Могилевский

государственный университет продовольствия. – № а 20060182 ; заявл. 02.03.2006 ; опубл. 28.02.2008 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2008. – № 1. – С. 51.

15. Урбанчик, Е. Н. Получение продуктов быстрого приготовления на основе пророщенного зерна пшеницы и тритикале / Е. Н. Урбанчик, А. Е. Шалюта // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2012. – № 7. – С. 24–26.

16. Урбанчик, Е. Н. Оптимизация технологических режимов получения продуктов быстрого приготовления на основе пророщенного зерна ржи и гороха / Е. Н. Урбанчик, А. Е. Шалюта, Ю. М. Щудло // Пищевая промышленность. – 2013. – № 7. – С. 26–28.

17. Шаршунов, В. А. Обоснование режимов воздушно-водяного замачивания для технологии оптимального проращивания зерна кукурузы / В. А. Шаршунов, Е. Н. Урбанчик, П. Г. Иванов // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных навук. – 2013. – № 1. – С. 106–110.

18. Получение биологически активного зернового продукта на основе смесей пророщенного зерна пшеницы и овса голозерного / В. А. Шаршунов [и др.] // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных навук. – 2016. – № 4. – С. 118–125.

19. Пат. 16654 Республика Беларусь, МПК А 23 В 9/24, А 23 L 1/172. Способ производства консервированного продукта из зерна пшеницы / М. Л. Зенькова [и др.] ; заявитель и патентообладатель Могилевский государственный университет продовольствия. – № а 20110439; заявл. 07.04.2011 ; опубл. 30.12.2012 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2012. – № 6. – С. 63.

20. Хосни, Р. К. Зерно и зернопродукты: научные основы и технологии / Р. К. Хосни ; пер. с англ. под общ. ред. Н. П. Черняева. – СПб. : Профессия, 2006. – 336 с.

21. Сафронова, Т. Н. Разработка технологических параметров проращивания зерна пшеницы / Т. Н. Сафронова, В. В. Казина, К. В. Сафронова // Техника и технология пищевых производств. – 2017. – Т. 44, № 1. – С. 37–43.

22. Нарцисс, Л. Пивоварение. Т. 1. Технология солодоращения / Л. Нарцисс ; пер. с нем. А. С. Яблоковой ; под общ. ред. Г. А. Ермолаевой, Е. Ф. Шаненко. – СПб. : Профессия, 2007. – 584 с.

23. Effect of germination on the structures and physicochemical properties of starches from brown rice, oat, sorghum, and millet / C. Li [et al.] // International Journal of Biological Macromolecules. – 2017. – Vol. 105, part 1. – pp. 931–939. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.07.123>.

#### References

1. Gan R.-Y., Lui W.-Y., Wu K., et al. Bioactive compounds and bioactivities of germinated edible seeds and sprouts: An updated review. *Trends in Food Science & Technology*, 2017, vol. 59, pp. 1–14. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924224416300966>. (accessed 11 February 2018). <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.11.010>.

2. Donkor O.N., Stojanovska L., Ginn P., Ashton J., Vasiljevic T. Germinated grains – Sources of bioactive compounds. *Food Chemistry*, 2012, vol. 135, iss. 3, pp. 950–959. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814612008862>. (accessed 24 April 2017). <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.05.058>.

3. Berezhnaya O.V., Dubtsov G.G., Voyno L.I. Povysheniye mikrobiologicheskoy bezopasnosti prorozhennogo zerna pshenitsy [Improving the microbiological safety of sprouted wheat grains]. *Pishchevaya promyshlennost'* [Food Processing Industry], 2013, no. 6, pp. 28–29.

4. Berezhnaya O.V., Dubtsov G.G., Voyno L.I. Proroshchennoye zerno pshenitsy v proizvodstve kulinarnoy produktsii [Sprouted wheat grain in the production of culinary products]. *Tovaroved prodovol'stvennykh tovarov* [Goods Manager of Food Products], 2014, no. 7, pp. 57–63.

5. Pisareva E.V. *Issledovaniye i razrabotka tekhnologii morozhenogo s prorozhchennym zernom rzhi. Avtoref. diss. kand. tekhn. nauk* [Study and development of ice cream production technology with rye grain sprouts. Cand. eng. sci. thesis]. Kemerovo, 2004. 20 p.

6. Veluppillai S., Nithyanantharajah K., Vasantharuba S., Balakumar S., Arasaratnam V. Biochemical changes associated with germinating rice grains and germination improvement. *Rice Science*, 2009, vol. 16, iss. 3, pp. 240–242. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1672630808600852>. (accessed 24 April 2017). [https://doi.org/10.1016/S1672-6308\(08\)60085-2](https://doi.org/10.1016/S1672-6308(08)60085-2).

7. Elmoneim A., Elkhalfifa O., Bernhardt R. Influence of grain germination on functional properties of sorghum flour. *Food Chemistry*, 2010, vol. 121, iss. 2, pp. 387–392. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814609014617>. (accessed 24 April 2017). <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.12.041>.

8. Shneyder D. Makaronnyye izdeliya iz tsel'nosmolotogo i prorozhchennogo zerna pshenitsy [Pasta produced from whole grain and wheat grain sprouts]. *Khlebobrodukty* [Bread Products], 2010, no. 8, pp. 46–47.

9. Leonova S., Nigmat'yanov A., Fazylov M. Razrabotka tekhnologii natsional'nogo krupyanogo produkta iz prorozhchennogo zerna [Development of production technology for national cereal product with wheat grain sprouts]. *Khlebobrodukty* [Bread Products], 2010, no. 9, pp. 48–49.

10. Safronova T.N., Yevtukhova O.M. Tekhnologii pishchevykh produktov s ispol'zovaniyem pererabotannogo prorozhchennogo zerna pshenitsy [Food technologies with use of recycled sprouted wheat grain]. *Khraneniye i pererabotka sel'khozsyrya* [Storage and Processing of Farm Products], 2014, no. 4, pp. 49–52.

11. Veretnova O.Y., Safronova T.N. Razrabotka retseptury myasnykh kombinirovannykh farshey s ispol'zovaniyem prorozhchennogo zerna pshenitsy [The development of the combined minced meat formulation with the use of the sprouted wheat grain]. *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [The Bulletin of KrasGAU], 2015, no. 10, pp. 112–115.

12. Khoperskaya O.A. *Sposob proizvodstva khleba iz proroshchennogo zerna pshenitsy* [Production technology of bread with wheat grain sprouts]. Patent RF, no. 2223652, 2004.
13. Bibik I.V., Khizhnyak A.A. *Sposob polucheniya proroshchennogo zerna pshenitsy* [Wheat sprouts production method]. Patent RF, no. 2010118417/13, 2011.
14. Ageenko O.V., et al. *Sposob proizvodstva polufabrikata iz proroshchennogo zerna* [Production technology of semi-finished product with grain sprouts]. Patent BY, no. 10228, 2008.
15. Urbanchik E.N., Shalyuta A.E. Polucheniye produktov bystrogo prigotovleniya na osnove proroshchennogo zerna pshenitsy i tritikale [Getting fast food on the basis of sprouted wheat and triticale]. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyrya* [Storage and Processing of Farm Products], 2012, no. 7, pp. 24–26.
16. Urbanchik E.N., Shalyuta A.E., Shchudlo Y.M. Optimizatsiya tekhnologicheskikh rezhimov polucheniya produktov bystrogo prigotovleniya na osnove proroshchennogo zerna rzhi i gorokha [Optimization of technological processes for producing food based on germinated grainrye and peas]. *Pishchevaya promyshlennost'* [Food Processing Industry], 2013, no. 7, pp. 26–28.
17. Sharshunov V.A., Urbanchik E.N., Ivanov P.G. Obosnovanie rezhimov vozdušno-vodyanogo zamachivaniya dlya tekhnologii optimal'nogo prorashchivaniya zerna kukuruzy [Rationale the of air-water regimes of soaking for technology optimal germination of maize]. *Vestsi Natsyyanal'nay akademii navuk Belarusi. Seryya agrarnykh navuk* [Izvestiya of the National Academy of Sciences of Belarus. Series of Agricultural Sciences], 2013, no. 1, pp. 106–110.
18. Sharshunov V.A., Urbanchik E.N., Shalyuta A.E., Galdova M.N. Poluchenie biologicheskii aktivnogo zernovogo produkta na osnove smesey proroshchennogo zerna pshenitsy i ovsya golozernogo [Obtaining biologically active cereal product based on mixtures of sprouted wheat grain and hullless oat]. *Vestsi Natsyyanal'nay akademii navuk Belarusi. Seryya agrarnykh navuk* [Izvestiya of the National Academy of Sciences of Belarus. Series of Agricultural Sciences], 2016, no. 4, pp. 118–125.
19. Zenkova M.L., et al. *Sposob proizvodstva konservirovannogo produkta iz zerna pshenitsy* [Production technology of wheat grain canned product]. Patent BY, no. 16654, 2012.
20. Hosenev C.R. Principles of cereal science and technology. 2nd ed. St.Paul, American association of cereal chemists, 1994. 378 p. (Russ. ed.: Chernyaev N.P. *Zerno i zernoprodukty: nauchnye osnovy i tekhnologii*. St.Petersburg, Professiya Publ., 2006. 336 p.).
21. Safronova T.N. Kazina V.V., Safronova K.V. Razrabotka tekhnologicheskikh parametrov prorashchivaniya zerna pshenitsy [Development of technological parameters for wheat grain germination]. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv* [Food Processing: Techniques and Technology], 2017, vol. 44, no. 1, pp. 37–43.
22. Narziss L. *Abriss der Bierbrauerei*. 7th ed. Weinheim, Wiley-VCH, 2005. 450 p. (Russ. ed.: Yablokova A.S., Ermolaeva G.A., Shanenko E.F. *Pivovarenie. T. 1: Tekhnologiya solodorashcheniya*. St.Petersburg, Professiya Publ., 2007. 584 p.).
23. Li C., Oh S.-G., Lee D.-H., Baik H.-W., Chung H.-J. Effect of germination on the structures and physicochemical properties of starches from brown rice, oat, sorghum, and millet. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2017, vol. 105, part 1, pp. 931–939. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.07.123>.

**Зенькова Мария Леонидовна**

канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры товароведения продовольственных товаров, УО «Белорусский государственный экономический университет», 220070, Беларусь, г. Минск, Партизанский пр-т, 26, тел.: +375 (17) 2097984, e-mail: mariya\_LZ@mail.ru  
 <https://orcid.org/0000-0003-3098-981X>

**Дарья Александровна Бабич**

студент кафедры товароведения продовольственных товаров, УО «Белорусский государственный экономический университет», 220070, Беларусь, г. Минск, Партизанский пр-т, 26  
 <https://orcid.org/0000-0001-6466-0583>

**Maria L. Zenkova**

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Merchandise of Foodstuff, Belarus State Economic University, 26, Partizanski Ave., Minsk, 220070, Belarus, phone: +375 (17) 2097984, e-mail: mariya\_LZ@mail.ru  
 <https://orcid.org/0000-0003-3098-981X>

**Daria A. Babich**

Student of the Department of Merchandise of Foodstuff, Belarus State Economic University, 26, Partizanski Ave., Minsk, 220070, Belarus  
 <https://orcid.org/0000-0001-6466-0583>



<https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-2-54-63>  
УДК 664.7:664.3

## ПОТЕНЦИАЛЬНОЕ СЫРЬЕ ДЛЯ РАСТИТЕЛЬНО-ЖИРОВЫХ КОМПОЗИТНЫХ СМЕСЕЙ ЦЕЛЕВОГО НАЗНАЧЕНИЯ

И. Б. Исабаев\* , Т. И. Атамуратова 

Дата поступления в редакцию: 13.03.2018  
Дата принятия в печать: 21.05.2018

Бухарский инженерно-технологический институт,  
200100, Узбекистан, г. Бухара, ул. К. Муртазаева, 15

\*e-mail: [isabayev\\_63@mail.ru](mailto:isabayev_63@mail.ru)



© И. Б. Исабаев, Т. И. Атамуратова, 2018

**Аннотация.** В статье проанализированы современные приоритеты развития основных отраслей пищевой промышленности; выявлены наиболее перспективные из них, в частности модификация социально значимых продуктов питания (жиры) путем их комбинаторики с традиционным и нетрадиционным необезжиренным масличным и низкомасличным растительным сырьем в качестве источника физиологически функциональных нутриентов. Изучен химический состав сырья с целью выявления его биологической ценности и пищевой безвредности. Обоснована эффективность использования муки из зародышевого продукта пшеницы в составе растительно-жировых композитных смесей (РЖС) для хлебопекарного производства. Предложены композиты из муки зародышевого продукта пшеницы, животного жира, сливочного топленого масла, пальмового, соевого и подсолнечного масла, сбалансированные по содержанию жирных кислот. Обоснована целесообразность термообработки композитных смесей с содержанием муки из зародышевого продукта до 30,0 % к массе смеси при температуре 40–50 °С, более 30 % – до 70 °С в течение 10–15 мин, что позволит повысить степень его микробиологической чистоты, уменьшить энзиматическое действие липазы, протеазы и липоксигеназы зародышей, продлить срок хранения смесей до 45 суток. Определена оптимальная дозировка муки зародышевого продукта до 70,0 % к массе сырья смесей. Доказана целесообразность замены от 30,0 до 50,0 % твердых жиров растительными маслами. Установлено положительное влияние разработанных композитов в количестве до 5,0 % к рецептурному количеству муки на качество хлеба из муки пшеничной I сорта.

**Ключевые слова.** Масличное и низкомасличное сырье, жиры, масла, комбинирование, растительно-жировые смеси, мучные изделия

Для цитирования: Исабаев, И. Б. Потенциальное сырье для растительно-жировых композитных смесей целевого назначения / И. Б. Исабаев, Т. И. Атамуратова // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 2. С. 54–63. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-2-54-63>.

## POTENTIAL RAW MATERIALS FOR SPECIAL USE VEGETABLE FATTY COMPOSITE MIXTURES

I.B. Isabaev\* , T.I. Atamuratova 

Received: 13.03.2018  
Accepted: 21.05.2018

Bukhara Engineering and Technology Institute,  
15, K. Murtazayeva Str., Bukhara, 200100, Uzbekistan

\*e-mail: [isabayev\\_63@mail.ru](mailto:isabayev_63@mail.ru)



© I.B. Isabaev, T.I. Atamuratova, 2018

**Abstract.** The article is devoted to the analysis of modern priorities in the sphere of food industry main branches development. The author identified the most promising of them, in particular, modification of socially significant food products (fats) by means of their combination with traditional and non-traditional plant raw materials having full fat oil and low-oil content as a source of physiologically functional nutrients. Chemical composition of raw materials has been studied to reveal the biological value and food safety. The efficiency of using wheat germ flour as an ingredient of vegetable fatty composite mixtures in bread production is established. The author suggested using composites that consist of germinated wheat product, animal fat, creamy melted butter, palm, soybean and sunflower oils which have balanced fatty acids content. The author justified the relevance of heat treatment of composite mixtures having wheat germ flour content up to 30.0% of the mixture mass at 40–50 °C, more than 30% – up to 70°C during 10–15 min. That will help increase its microbiological purity, reduce the enzymatic action of germ lipase, protease and lipoxigenase, extend the mixtures shelf life up to 45 days. Optimum proportion of wheat germ flour should not exceed 70.0% of the raw material mixtures weight. It was demonstrated that 30,0 to 50,0% of solid fats can be replaced with vegetable oils. There was a positive effect of the developed composites in the amount of up to 5.0% to the quantity of flour according to the recipe on the quality of bread produced from the 1st grade wheat flour.

**Keywords.** Oil and low-oil raw materials, fats, oils, combination, vegetable-fat mixtures, flour products

**For citation:** Isabaev I.B., Atamuratova T.I. Potential raw materials for special use vegetable fatty composite mixtures. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2018, vol. 48, no. 2, pp. 54–63 (In Russ.). <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-2-54-63>.

## Введение

Питание – важнейший фактор внешней среды, который определяет правильное развитие, состояние здоровья и трудоспособность человека. Однако в природе не существует продуктов, содержащих все необходимые человеку компоненты. Перспективным направлением решения данной проблемы является комбинирование базовых продуктов питания с натуральным растительным сырьем, характеризующимся полифункциональными свойствами, то есть сочетающим необходимые технологические, токсикологические, медико-биологические и экономические характеристики. Преимуществом такого подхода к модификации социально значимых продуктов питания является конструирование продукта со сбалансированным компонентным составом и экономия основного сырья. При этом следует использовать те нутриенты, дефицит которых реально существует, достаточно широко распространен и опасен для здоровья. Эффективность обогащенных продуктов должна быть убедительно подтверждена апробацией на репрезентативных группах людей, демонстрирующей не только их полную безопасность, приемлемые вкусовые качества, но и хорошую усвояемость, способность существенно улучшать обеспеченность организма физиологически значимыми нутриентами, которые введены в состав продуктов, и связанные с этими веществами показатели здоровья. Специализированные продукты применяются не только в повседневном питании, но и в клинической практике для энтеральной терапии различной патологии [1].

Интенсивное развитие различных отраслей пищевой промышленности поставило перед масложировой отраслью задачу изменения ассортимента производимой продукции. В настоящее время отрасль находится на таком этапе, когда ее развитие уже невозможно осуществить традиционными методами, необходимы новые подходы и решения по расширению ассортимента продуктов с улучшенным и сбалансированным жирнокислотным составом, повышенным содержанием жирорастворимых витаминов и других биологически ценных нутриентов, полезных для здоровья.

Одним из важнейших направлений разработки новых видов жировых продуктов является возможность формирования у них функциональных свойств за счет комбинаторики жиров с масличным и низкомасличным сырьем без предварительного его обезжиривания с целью более полного использования ботанического масла в их составе и других биологически ценных нутриентов, то есть создание растительно-жировых композитных смесей. Это позволит значительно повысить физиологическую значимость продуктов питания и обеспечить рациональное использование сырьевых ресурсов, в том числе вторичных, что особенно актуально в условиях мирового экономического кризиса.

Разработка инновационных ресурсо-эффективных технологий производится путем принятия научно-обоснованных технологических

решений, например использования растительного сырья нежировой природы для уменьшения жирности, повышения пищевой ценности и фортификации функционально-технологических свойств жировых продуктов. При этом вопросы качества и пищевой безопасности продуктов очень важны. Для оптимизации жирнокислотного состава жировых продуктов обычно используется купажирование растительных масел, в том числе и с довольно дорогостоящими маслами или отдельными их фракциями (витамины, ПНЖК, БАДы, фитостерины), пищевыми волокнами (пре- и пробиотики), что повышает себестоимость продукции и снижает рентабельность ее производства. В данном аспекте перспективным является направление по комбинаторике жиров и масел с растительным сырьем, то есть создание растительно-жировых композитных смесей.

Целью работы является разработка новых рецептур растительно-жировых смесей целевого назначения, в частности для хлебопекарного производства, сбалансированных по жирнокислотному составу в соответствии с современными требованиями нутрициологии к адекватному питанию, пониженной жирности.

## Объекты и методы исследования

Для разработки новых рецептур растительно-жировых смесей использовали масличное и низкомасличное сырье, безводные жиры, растительные масла.

Исследовали микробиологический состав растительно-жировых смесей (РЖС): КМАФАНМ по ГОСТ 10444.15-94 «Продукты пищевые. Методы определения количества мезофильных, аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов», ГОСТ Р ISO 7218-08 «Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Общие требования и рекомендации по микробиологическим исследованиям», ГОСТ 31747-2012 «Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества бактерий группы кишечных палочек (колиформных бактерий)», ГОСТ 10444.12-88 «Продукты пищевые. Метод определения дрожжей и плесневых грибов».

Серию пробных лабораторных выпечек проводили по общепринятой методике согласно ГОСТ 27669-88 «Мука пшеничная хлебопекарная. Метод пробной лабораторной выпечки хлеба». Объемный выход хлеба ( $\text{см}^3/100 \text{ г}$  муки) определяли по ГОСТ 27669-88 «Хлеб и хлебобулочные изделия. Методы определения объемного выхода хлеба». Набухаемость мякиша хлеба определяли по уточненной методике Катца; крошковатость мякиша – по методике, разработанной в МГУППе, и рассчитывали по формуле:

$$K_{\text{крош}} = \frac{(a - b) \cdot 100}{a} \%,$$

где  $a$  – исходная масса кубиков, г;  $b$  – масса остатков кубиков и частичек мякиша на сите, г.

### Результаты и их обсуждение

Для выбора растительного ингредиента композитов произвели анализ биологической ценности хлебобулочных изделий с целью выявления наиболее дефицитных нутриентов в них. Установлено, что суточная потребность в белке за счет хлеба, содержащегося в 450 г хлебных изделиях, условно съедаемых ежедневно взрослым человеком, покрывается на 38,0 %, в том числе в растительном белке – на 85,5 %, а в отдельных аминокислотах – на 23,0–58,0 %. Резко недостаточно за счет хлебобулочных изделий удовлетворяется потребность в лизине (23,1 %) – аминокислоте, наиболее дефицитной в мировом балансе питания человечества, а также цистине – на 24,8 % и метионине – на 18,5 %. Потребность человека в углеводах за счет мучных изделий в зависимости от рецептуры покрывается (в %): в крахмале и декстринах – на 41,0, в балластных веществах – на 57,2, в моно- и дисахаридах – на 17,4–40,0. Ежедневное употребление в пищу мучных изделий удовлетворяет потребность взрослого человека в жирах на 8,9–15,0 %, полиненасыщенных жирных кислот – на 62,0 %, фосфатидах – на 23,4 %. Органические кислоты удовлетворяют потребность в данных кислотах на 49,5 %. За счет хлеба на 1/4 покрывается потребность в витамине В<sub>3</sub>, а в витамине В<sub>2</sub> – лишь на 18,7 %. Однако пшеничная сортовая мука не содержит ретинол (А), кальциферол (D<sub>2</sub>), аскорбиновую кислоту (С), витамин В<sub>12</sub>. Зольные элементы мучных изделий представлены макро- (фосфор, калий, кальций, магний, натрий, железо) и микроэлементами (медь, марганец, алюминий, кобальт, бор, селен, бром, йод и др.). Установлено, что за счет мучных изделий практически на 47,0 % покрывается потребность организма человека в таких важнейших биогенных микроэлементах, как медь, марганец, цинк, кобальт; на 11,5 % – в кальции, 45,6 % – фосфоре, 84,7 % – железе [2–4].

Следует отметить, что мука зольностью менее 0,6 % (высший сорт) содержит только 29,0 % ценных питательных компонентов цельного зерна пшеницы. Из 28 жизненно важных элементов пшеницы 9 исчезают совсем. Среди них – антиканцерогенный селен, кроветворные ванадий и титан; массовая доля кальция снижается до 19,0 от 60,0, железа – до 1,86 от 5,38, марганца – до 0,86 от 3,86 мг и т. д. Витамин Е (токоферол) в такой муке вообще отсутствует, витаминов группы В остаются ничтожные доли, а важнейшие пищевые волокна (клетчатка) отходят в отруби, при этом возрастает ее калорийность. Мука теряет 25,0–30,0 % белка. Постоянное применение хлеба из муки тонкого помола приводит к нарушению функций желудочно-кишечного тракта, мочекаменной болезни, диабету, анемии, ожирению. Наиболее ценной считается мука, выработанная из эндосперма, алейронового слоя и оболочек, что составляет около 97,0 % от массы зерна. Однако хлеб из такой муки содержит фитиновую кислоту, затрудняющую резорбцию кальция, железа и других минеральных веществ, что способствует развитию рахита, малокровию, нарушению функции щитовидной железы [4].

Установлено, что основные проблемы, связанные с формированием качества хлебопекарной продукции в динамичных условиях производства, решаются посредством применения различных добавок неалиментарного происхождения, что настораживает потребителей и нутрициологов, поскольку, с учетом объемов потребления хлебобулочных изделий, даже незначительное содержание в них потенциально опасных соединений химической природы оказывает определенное давление на организм человека, что является одним из наиважнейших факторов риска для его здоровья [5].

В последнее время значительное внимание уделяется разработке новых видов хлебобулочных изделий с максимально возможным использованием составляющих зерна. Так, в Великобритании и во Франции повысился спрос на полезные для здоровья человека сорта хлеба из цельного зерна. В Германии разработаны специальные сорта хлеба с добавлением других зерновых продуктов специального помола, продуктов животного или растительного происхождения [6]. Поэтому особое внимание нами было уделено именно продуктам переработки зерновых культур как потенциальному сырью для производства РЖС.

Значительный интерес представляют зародышевые продукты пшеницы, масло которых отличается сбалансированностью жирнокислотного состава по соотношению полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК) класса омега-6 и омега-3. Триацилглицериды пшеничного зародыша содержат в значительном количестве омега-3, которая практически отсутствует во многих широко распространенных растительных маслах и жирах. Зародыши пшеницы являются источниками токоферолов, провитамина А, высокоценного белка, макро- и микроэлементов, что свидетельствует об их способности в качестве рецептурного ингредиента улучшать качество и повышать биологическую ценность продуктов питания. Следует отметить, что извлечение масла из зародышей – трудоемкий процесс при очень низком его выходе. Кроме того, на практике приходится иметь дело не с чистыми пшеничными зародышами, а с так называемым пшеничным зародышевым продуктом (ЗП), обычно состоящим из 60,0–65,0 % пшеничных зародышей и 35,0–40,0 % пшеничных отрубей, мучки, фрагментов эндосперма и алейронового слоя [7].

Уникальный состав ЗП, несмотря на низкую масличность (13,0–15,0 %), актуализирует его переработку на фракции с целью дальнейшего применения в различных отраслях. Однако вследствие низкой стабильности качества при хранении возникает множество проблем при использовании данного продукта. Поэтому поиску способов увеличения сроков годности ЗП уделяется серьезное внимание. Так, П. П. Тарутин повышал сроки годности ЗП путем воздействия инфракрасных лучей в интервале температур 50–100 °С [8, 9]. Обезжиривание ЗП гидравлическим прессом до 4,0 % и последующее измелчение предлагал F. Grandel [10]. В. И. Ведерникова и другие проводили обработку ЗП текучим паром при

атмосферном давлении воздуха [11]. Известна технология замораживания ЗП при низких температурах, при этом сроки хранения возрастали до 16 недель [8]. Одним из перспективных направлений увеличения сроков хранения ЗП является использование консервантов (фумаровой, аскорбиновой кислот). Обработку антиоксидантами (5-пентадецилрезорцин) в количестве 0,01–0,50 % к массе продукта проводил Н. М. Barnes и другие. Воздействие эпоксидными соединениями на ЗП с целью увеличения срока годности до полугода при температуре 20–25 °С исследовано К. М. Gaver [13]. Однако данные методы не рентабельны из-за высокого расхода электроэнергии, при этом также происходят необратимые негативные процессы в продукте.

Определенный интерес вызывает возможность использования измельченного ЗП в качестве мучной фракции РЖС, где жировая составляющая, особенно если она безводная, способна оказывать определенное консервирующее воздействие при хранении. Возможно использование данных смесей в качестве альтернативных заменителей жиров в производстве мучных изделий.

Нами был изучен химический состав муки из ЗП пшеницы (М<sub>ЗП</sub>) и произведен сопоставительный анализ с химическим составом муки пшеничной I сорта. Установлено, что массовая доля белка и жира в М<sub>ЗП</sub> в среднем в 2,4 и 7,8 раза соответственно превышала аналогичные значения в муке I сорта. В М<sub>ЗП</sub> в среднем в 4,0 раза больше железа, чем в образце сравнения, повышенное количество клетчатки. Существенные различия обнаружены и в содержании витаминов. Так, суммарное количество витаминов в М<sub>ЗП</sub> почти в 8,0 раза больше, чем в муке. Среди углеводов М<sub>ЗП</sub> доминируют сахароза и рафиноза, имеются также крахмал и клетчатка за счет наличия в продукте фрагментов эндосперма и оболочек. Следует отметить, что энергетическая ценность М<sub>ЗП</sub> превышает аналогичное значение у образца сравнения на 8,4 %.

Немаловажным является и тот факт, что белок пшеничных зародышей по содержанию наиболее дефицитных аминокислот лизина, метионина и триптофана сходен с белком яиц, что служит признаком хорошей усвояемости этого продукта.

Установлено, что лимитирующими аминокислотами М<sub>ЗП</sub> являются метионин и цистин. Массовая доля наиболее дефицитной в мировом балансе питания человечества аминокислоты – лизина в 2,3 раза превышает аналогичное значение в образце сравнения.

С целью определения соответствия исследуемого сырья критериям безопасности, установленным требованиями СанПиН № 0283-10 и рекомендациями ТР ТС 021/2011, определяли содержание в М<sub>ЗП</sub> токсичных элементов и патогенных микроорганизмов. Установлено, что в исследуемых пробах М<sub>ЗП</sub> содержание токсичных элементов не превышало допустимые уровни, при этом в них не обнаружены кадмий, ртуть, мышьяк, пестициды и микотоксины. По микробиологическим показателям исследуемая М<sub>ЗП</sub> также соответствовала требованиям СанПиН.

Разработаны различные варианты композитных смесей из муки ЗП и животного жира (ЖЖ); сливочного топленого масла (СТМ); пальмового (ПМ), соевого (МС), подсолнечного (МП) масел; РЖС; образцами сравнения служили жировой продукт (ЖП<sub>р.</sub>) и М<sub>ЗП</sub>. Результаты исследования приведены в табл. 1 и 2.

Расчетно-аналитическим методом определяли содержание жирных кислот и их соотношение в безводных композициях (табл. 1). Анализ данных табл. 1 показал, что композиции, содержащие только твердые жиры (ПМ, ЖЖ, СТМ) и М<sub>ЗП</sub> (1–3 варианты), отличались повышенным содержанием НЖК и пониженным – ПНЖК. Соотношение ПНЖК ω-6 и ω-3 в смесях со СТМ и ЖЖ, кажущееся, на первый взгляд, допустимым для лечебного питания, на фоне явного дефицита ПНЖК не имеет существенного физиологического значения.

Внесение в тесто жировых продуктов с высоким содержанием ПНЖК, способных под действием липоксигеназы муки образовывать пероксидные соединения, может фортифицировать окисление в тесте сульфгидрильных групп белково-протеиназного комплекса муки и этим улучшать структурно-механические свойства теста. При выборе компонентов РЖС для производства мучных изделий была также учтена целесообразность наличия в жидких жировых продуктах твердой кристаллической фазы, имеющей температуру плавления более высокую, чем температура теста до начала выпечки.

Полная замена твердых жиров жидкими растительными маслами невозможна и из-за седиментации частичек мучной составляющей. В связи с этим от 30,0 до 50,0 % твердых жиров в РЖС заменяли растительными маслами. В результате предложенные композиции характеризовались относительно оптимальными соотношениями НЖК: МНЖК : ПНЖК и омега-6 : омега-3 (4–6 варианты). Причем динамика изменений этих данных по мере увеличения доли М<sub>ЗП</sub> в композициях свидетельствует о существенной роли последней в оптимизации ЖКС при совместном использовании с жирами и растительными маслами. Варианты 7 и 8 с 60,0 и 70,0 % М<sub>ЗП</sub> отличались наиболее сбалансированным составом жирных кислот.

С целью максимального сохранения нативных свойств М<sub>ЗП</sub> при смешивании желательнее применять щадящий температурный режим, однако при этом необходимо обеспечить также и достаточную степень микробиологической чистоты. Поэтому при получении РЖС термообработку осуществляли во время перемешивания с нагретым до 70 °С жировым компонентом в течение 10–15 мин. Жировым компонентом при этом служил кулинарный жир.

Исследовали микробиологическую обсемененность исследуемых композиций общепринятыми методами посева на специализированных средах. Образцы хранили в течение 90 суток при температуре (37 ± 2) °С. Ежемесячно проверяли их микробиологическую обсемененность и соответствие требованиям санитарных правил и норм (табл. 2).

Таблица 1 – Соотношение жирных кислот в безводных композициях твердых жиров, масел и Мзп  
Table 1 – Ratio of fatty acids in anhydrous compositions of solid fats, oils and wheat germ oil

№	Массовая доля в смеси, %	ЖП <sub>р</sub> , Мзп	Жирность смеси, %	Соотношение жирных кислот в жировой фазе смеси																					
				Ж <sub>ж</sub> + Мзп			СТМ + Мзп			ПМ + Мзп			Ж <sub>ж</sub> (50%) + МП (25%) + МС (25%) + Мзп			СТМ (50%) + МП (25%) + МС (25%) + Мзп			ПМ (70%) + МС (30%) + Мзп						
				1	2		3	4	5		6	7	8		9	10		11	12						
1	100	0	100	НЖК: МНЖК:ПНЖК	ω-6: ω-3	НЖК: МНЖК:ПНЖК	ω-6: ω-3	НЖК: МНЖК:ПНЖК	ω-6: ω-3	НЖК: МНЖК:ПНЖК	ω-6: ω-3	НЖК: МНЖК:ПНЖК	ω-6: ω-3	НЖК: МНЖК:ПНЖК	ω-6: ω-3	НЖК: МНЖК:ПНЖК	ω-6: ω-3	НЖК: МНЖК:ПНЖК	ω-6: ω-3						
2	90	10	91	55:40:5	2,8:1	62:33:5	2,9:1	49:40:11	–	35:32:33	10,2:1	39:28:33	10,0:1	39:28:33	10,0:1	40:34:26	8,5:1	39:28:33	9,9:1	39:28:33	10,1:1	39:28:33	9,9:1	39:34:27	8,5:1
3	80	20	82	55:40:5	3,0:1	62:33:5	2,9:1	48:40:12	156:1	35:32:33	10,1:1	39:28:33	10,1:1	39:28:33	10,1:1	39:34:27	8,5:1	39:28:33	9,9:1	39:28:33	10,0:1	39:28:33	9,9:1	39:34:27	8,4:1
4	70	30	73	54:40:6	3,2:1	61:33:6	3,2:1	48:39:13	74:1	35:31:34	10,0:1	39:28:33	10,0:1	39:28:33	10,0:1	39:34:27	8,4:1	39:28:33	9,9:1	39:28:33	10,0:1	39:28:33	9,9:1	39:34:27	8,4:1
5	60	40	64	53:39:8	3,8:1	60:33:7	3,4:1	47:39:14	46:1	35:31:34	9,9:1	38:28:34	9,8:1	38:28:34	9,8:1	39:33:28	8,4:1	38:28:34	9,8:1	38:28:34	9,9:1	38:28:34	9,8:1	39:33:28	8,4:1
6	50	50	55	53:39:8	4,2:1	59:33:8	4,0:1	46:39:15	32:1	34:31:35	9,8:1	37:28:35	9,7:1	37:28:35	9,7:1	38:33:29	8,4:1	37:28:35	9,7:1	37:28:35	9,8:1	37:28:35	9,7:1	38:33:29	8,4:1
7	40	60	46	51:39:10	4,6:1	58:32:10	4,4:1	46:38:16	24:1	34:31:35	9,7:1	37:27:36	9,6:1	37:27:36	9,6:1	38:33:29	8,3:1	37:27:36	9,6:1	37:27:36	9,5:1	36:27:37	9,4:1	37:32:31	8,3:1
8	30	70	37	50:38:12	5,1:1	56:32:12	4,9:1	45:37:18	19:1	33:30:37	9,5:1	36:27:37	9,4:1	36:27:37	9,4:1	37:32:31	8,3:1	36:27:37	9,4:1	36:27:37	9,5:1	35:27:38	9,2:1	35:31:33	8,2:1
				48:37:15	5,6:1	54:31:15	5,5:1	43:36:21	15:1	32:30:38	9,3:1	35:27:38	9,2:1	35:27:38	9,2:1	35:31:33	8,2:1	35:27:38	9,2:1	35:27:38	9,3:1	35:27:38	9,2:1	35:31:33	8,2:1

Таблица 2 – Изменение состава микробной экосистемы в РЖС в процессе хранения

Table 2 – Changes in microbial ecosystem composition of vegetable fat mixture during storage

Срок инкубирования, сут	КМАФАнМ, КОЕ/г		Дрожжи (·10 <sup>3</sup> ), КОЕ/г		Плесневые грибы (·10 <sup>3</sup> ), КОЕ/г		Бактерии E. coli, КОЕ/г		Соответствие требованиям СанПиН 0138-03	
	1*	2*	1	2	1	2	1	2	1	2
0	157 ± 5,0	68 ± 5,6	–	–	–	–	Н/о*	Н/о	–	–
30	203 ± 5,6	122 ± 5,0	–	–	–	–	Н/о	Н/о	–	–
60	448 ± 5,2	196 ± 5,2	–	–	0,2 ± 0,1	–	–	–	–	–
90	646 ± 6,6	275 ± 5,3	0,4 ± 0,1	0,2 ± 0,1	0,5 ± 0,1	0,2 ± 0,1	–	–	–	–
			Опыт с 50% Мзп							
0	217 ± 5,0	102 ± 6,5	–	–	–	–	Н/о	Н/о	–	–
30	465 ± 5,6	194 ± 6,2	0,3 ± 0,1	–	–	–	Н/о	Н/о	–	–
60	668 ± 5,2	242 ± 6,0	0,7 ± 0,1	–	–	–	–	–	–	–
90	848 ± 6,6	350 ± 6,3	1,1 ± 0,1	0,5 ± 0,1	1,3 ± 0,1	0,6 ± 0,1	–	–	–	–
			Опыт с 70% Мзп							
0	307 ± 6,2	179 ± 7,0	–	–	–	–	Н/о	Н/о	–	–
30	517 ± 5,8	218 ± 7,5	0,4 ± 0,1	–	–	–	Н/о	Н/о	–	–
60	898 ± 6,5	324 ± 7,8	0,9 ± 0,1	–	–	–	–	–	–	–
90	1082 ± 6,5	436 ± 8,1	1,5 ± 0,1	0,7 ± 0,1	1,7 ± 0,1	0,8 ± 0,1	–	–	–	–

\*Примечание: 1 – образцы, приготовленные без термообработки; 2 – образцы, подвергнутые термообработке; н/о – не обнаружены; соотв. – соответствует санитарным требованиям и нормам; не соотв. – не соответствует санитарным требованиям и нормам.

\*Notes: 1 – samples, produced without thermal treatment; 2 – samples, which were subject to thermal treatment; n/d – not detected; comp. – complies with sanitary rules and requirements; n/c – not complies with sanitary rules and requirements

Следует отметить, что в исследуемых композитах после 60 суток инкубирования на среде Эндо (среда Левина или висмут-сульфитный агар) не обнаружены группы бактерий кишечной палочки, поэтому в дальнейшем посевы не производились. Посевы на среде Сабуро для выявления грибов и дрожжей показали, что во всех термообработанных образцах после 60 суток и в композициях с содержанием  $M_{ЗП}$  30,0 % без термообработки после 30 суток они не обнаружены. Установлено, что в вариантах смесей с 30,0, 50,0 и 70,0 %  $M_{ЗП}$ , не подвергнутых термообработке, закономерно возрастало начальное количество микроорганизмов, соответственно, 157, 217 и 307 КОЕ/г.

Прирост биомассы микрофлоры за период хранения (90 суток) увеличился в среднем в 3,8 раза, содержание плесневых грибов в вариантах с термообработкой в среднем в 2,3 раза меньше, чем в аналогичных образцах без термообработки. Все варианты с термообработкой в конце испытательного срока хранения имели показатели микробной экосистемы в допустимых пределах.

Предлагаемый способ получения РЖС предусматривает расплавление жировой фракции с внесением муки при постоянном перемешивании. При этом следует учитывать, что при получении композитов с содержанием  $M_{ЗП}$  до 30,0 % температура темперирования с безводным жиром должна быть в пределах 40–50 °С, более 30,0 % – до 70 °С. Продолжительность темперирования – 10–15 мин. Допустимый срок хранения – 45 суток.

Предлагаемый способ использования в составе РЖС необезжиренного зародышевого продукта позволит на 100 % использовать маслянистость данного сырья, уменьшить количество жиров, повысить пищевую ценность и снизить себестоимость конечной продукции. Данные выпечек показали, что дозировка РЖС в количестве 5,0 % к массе муки с содержанием  $M_{ЗП}$  до 50,0 % способствует получению изделий требуемого качества. Дальнейшее повышение дозировки смеси

приводило к снижению интенсивности газо- и кислотообразования, замедлению процесса созревания мучных полуфабрикатов и, как следствие, получению продукции пониженного объема с недостаточно развитой структурой пористости мякиша.

В вариантах с исследуемыми добавками до 5,0 % к массе муки установлено увеличение значения показателя пористости хлеба относительно образца сравнения в среднем на 1,3–8,4 %, объемного выхода – на 0,8–7,2 %, улучшалась формоудерживающая способность подовых образцов хлеба. При дальнейшем увеличении дозировки РЖС отмечалось снижение значений данных показателей (рис. 1).

Опытные образцы хлеба на 4–6 ч дольше сохраняли признаки свежести. Наблюдалось увеличение набухаемости мякиша хлеба в процессе хранения на 2,5–9,6 % и снижение степени его крошковатости на 1,4–8,5 % по отношению к контролю (рис. 2).

Результаты проведенных исследований свидетельствуют об эффективности использования РЖС с  $M_{ЗП}$  в количестве до 5,0 % к рецептурному количеству муки пшеничной сортовой, что способствует рациональному использованию ценного пищевого сырья и улучшению качественных показателей готовой продукции.

Значительный интерес в качестве растительной фракции РЖС представляют зародышевые продукты и других зерновых культур, в частности ржи и кукурузы, а также отруби из риса и мучели проса. По жирнокислотному составу липиды масла, извлекаемые из зародышей зерновых культур, близки к запасным липидам масличных растений. При комплексном использовании этого вида масличного сырья можно получить пищевое растительное масло, кормовой шрот, богатый легкоусвояемыми группами белков и незаменимыми аминокислотами, а также растительные воски.

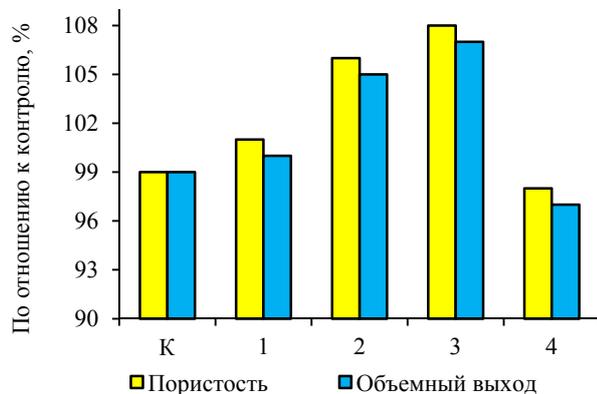


Рисунок 1 – Влияние ЖМС на пористость и объемный выход хлеба из муки пшеничной I сорта по вариантам: К – без  $M_{ЗП}$ ; 1 – 1,0; 2 – 3,0; 3 – 5,0 и 4 – 7,0 % ЖМС к массе муки

Figure 1 – Effect of fat-flour composite mixtures on porosity and volume yield of bread produced from wheat flour of the first grade according to the following variants: K – without wheat germ oil; 1 – 1.0; 2 – 3.0; 3 – 5.0 and 4 – 7.0% fat-flour composite of flour mass

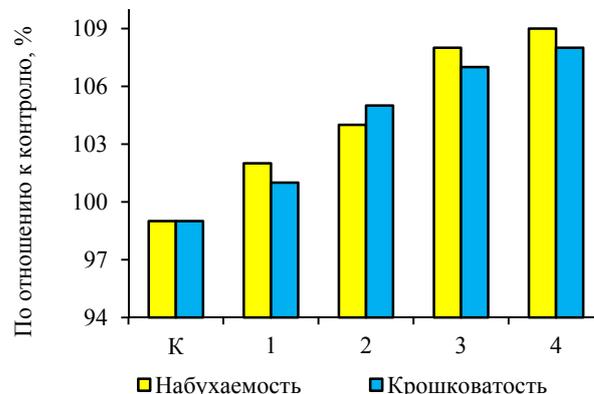


Рисунок 2 – Влияние ЖМС на набухаемость и крошковатость хлеба из муки пшеничной I сорта по вариантам через 48 ч хранения

Figure 2 – Effect of fat-flour composite mixtures on swelling ability and friability of bread produced from wheat flour of the first grade according to the variants after 48-hour storage

Перспективным сырьем являются также псевдозерновые культуры, в частности амарант, или щирица [13]. Суммарный белок семян амаранта на 28,0–35,0 % состоит из незаменимых аминокислот. По содержанию лизина белок амаранта в 2 раза превосходит белок пшеницы. Питательная ценность семян амаранта по лизину достигает 118,0 %, в то время как у большинства злаков этот показатель менее 50,0 %, липидная фракция содержит до 10,0 % сквалена. Кроме этого, амарант богат железом, фосфором, калием, витаминами В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, Е, группы D, фосфолипидами, фитостеролами. В составе амарантового масла содержатся: более 70,0 % моно- и полиненасыщенных жирных кислот: линолевая (омега-6), олеиновая (омега-9), линоленовая (омега-3), арахидоновая, пальмитолеиновая кислоты и др., более 9,0 % фосфолипидов (в составе которых по количеству доминирует фосфатидилхолин), сквален (более 8,0 %), около 2,0 % витамина Е, фитостеролы (более 2 %), каротиноиды (предшественники витамина А), витамин D, желчные кислоты, различные макро- и микроэлементы (калий, железо, фосфор, кальций, магний, медь и др.). Уникальные целебные свойства амарантового масла в значительной степени определяются присутствием в его составе двух мощных антиоксидантов – сквалена и витамина Е, содержащегося в масле амаранта в редкой, особо активной токотриенольной форме. Однако в составе амаранта обнаружены и антипитательные вещества: трипсиновый ингибитор и танины, присутствующие в небольших количествах (0,06 %) и эффективно инактивирующиеся при влаготепловой обработке.

Заслуживает внимания также и шрот, получаемый после извлечения масла из подсолнечных семян и характеризующийся высоким содержанием белка (44,0–47,0 %). Главный белок подсолнечных семян гелиантин – это ILS-глобулин, в составе которого много глутаминовой (26,0 % от суммы аминокислот) и аспарагиновой (14,0 %) кислот, а также аргинина (9,7 %). Следует отметить, что получение пищевого подсолнечного белка осложняется присутствием в нем хлорогеновой кислоты и других фенольных соединений, вызывающих потемнение продуктов при тепловой обработке. Содержание фенольных соединений в подсолнечном шроте составляет от 3,0 до 3,5 г на 100 г обезжиренной муки. Из них до 70,0 % составляют хлорогеновая и кофейная кислоты, до 15,0 % – соединения, подобные п-кумариловой, изоферуловой и синапсовой кислотам, а также эфиры оксикоричной кислоты. В белковых изолятах – белках, выделенных из шрота с помощью слабых растворов щелочи, наряду с указанными кислотами содержится неизохлорогеновая кислота. Под действием полифенолоксидазы муки хлорогеновая кислота превращается в хиноны, образующие темноокрашенные соединения неустойчивого состава. Присутствие ингибиторов протеолитических ферментов в шроте отрицательно влияет на переваримость белка в организме животных, вызывая гипертрофию поджелудочной железы,

снижение протеолитической активности тонкого кишечника, ухудшение усвоения аминокислот и замедление роста животных. Подсолнечное масло относится к ценным растительным маслам, имеет хорошие органолептические свойства (янтарно-золотистый цвет, насыщенный вкус), хорошо усваивается организмом человека – на 83,0 %. Состоит главным образом из глицеридов олеиновой и линолевой кислот; нерафинированное масло содержит до 1400 мг% фосфолипидов, до 300 мг% стеринов. Подсолнечное масло обладает высокой Е-витаминной активностью, содержит в основном альфа-токоферол – до 60 мг%, богато витаминами В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, РР; содержит скополетин – соединение кумаринового ряда, обладающее спазмолитической и гипогликемической активностью. Семена подсолнечника являются богатым источником магния (317 мг%) [14, 15].

Семена кунжута, или сезама, являются наиболее экономичным и ценным сельскохозяйственным сырьем из-за своего уникального химического состава. Они содержат жирное масло (до 60,0 %), в состав которого входят глицериды олеиновой, линолевой, пальмитиновой, стеариновой, арахидоновой и лигноцериновой кислот, фитостерин, сезамин, сезамол, сезамоллин, самол, а также кальций, фосфор, витамин Е, железо, магний и цинк. Установлено, что семена данной культуры содержат (%): влаги – 5,7, белков – 20,0, золы – 3,7, клетчатки – 3,2, жира – 54,0 и углеводов – 13,4. В них содержится (в мг/100 г): много калия (851,35 ± 3,44), фосфора (647,25 ± 3,52), магния (579,53 ± 0,42), кальция (415,38 ± 3,14) и натрия (122,50 ± 4,21). Семена богаты марганцем, медью и кальцием, содержат витамины В<sub>1</sub> и Е. Также в сезамовых семенах обнаружены фитостеролы, которые блокируют холестерин. В медицине кунжутное масло рассматривается как растительный компонент, способствующий предупреждению развития различных заболеваний, в том числе рака [15, 16].

Отходами при переработке плодов дыни являются семена. Химический состав семян (% в пересчете на СВ): вода – 6,0–6,2; липиды – 25,0–26,5; белок – 22,5–25,5; крахмал и растворимые сахара – 10,0–11,0; пентозаны – до 8,0; целлюлоза – 20,0–21,4; зола – 2,5–3,0. В ядре содержится до 50 % масла, в лузге – 0,5–0,6 %. Масло из семян дыни пищевое, светло-желтого цвета. Жмых и шрот содержат 32–46 % белка, являются ценным кормовым средством [15].

Весьма перспективным представляется использование семян томатов в качестве добавки при производстве продуктов питания. Однако томаты, как и другие представители семейства Пасленовые, характеризуются наличием токсичных алкалоидов. Алкалоиды локализованы преимущественно в кожце плодов (10,0 %). При выработке из плодов томатов сока, соусов, томат-пюре и томат-пасты получают выжимки, представляющие собой смесь семян, кожицы плода и незначительных остатков мякоти. Свежеполученные выжимки содержат большое количество влаги (40,0–45,0 %) и практически нетранспортабельны.

Хранение таких выжимок даже самое непродолжительное время ведет к резкому ухудшению содержащегося в семенах масла. Семена выделяют из выжимок и высушивают до влажности 11,0–12,0 %. Химический состав семян томатов (%): вода – 7,0–8,0, липиды – 25,0–35,0, белок – 25,0–30,0, целлюлоза – 16,0–25,0, зола – 2,4–3,0. Из томатных семян получают масло от светло-желтого до темно-коричневого цвета, иногда с более интенсивной красноватой окраской вследствие высокого содержания каротиноидов. Оно имеет острый перечный запах и содержит 0,8–1,0 % фосфолипидов, 112–150 мг на 100 г токоферолов, до 1,0 % каротиноидов и 0,8–1,88 % других неомыляемых липидов. Масло используют на пищевые и технические цели. Обезжиренные семена идут на корм скоту [15, 17].

Рапсовые жмых и шрот по энергетической ценности (11,3 и 10,4 МДж обменной энергии) не уступают подсолнечным (11,4 и 10,6 МДж соответственно). По содержанию кальция, фосфора, магния, меди и марганца рапсовые жмых и шрот превосходят соевые. Доступность в них кальция составляет 68,0 %, фосфора – 75,0 %, магния – 62,0 %, марганца – 54,0 %, меди – 74,0 %, цинка – 44,0 %. Рапсовый шрот содержит значительное количество холина, ниацина, рибофлавина, фолиевой кислоты и тиамин. Недостатком рапсового масла считается высокое содержание в нем эруковой кислоты: наши ферменты не могут ее утилизировать, и поэтому в организме она накапливается, что может вызывать задержку полового развития у детей. Также эруковая кислота может быть опасна для печени, сердца, скелетных мышц и сосудов, поэтому некоторые сорта рапсового масла в части стран, в том числе и в странах Евросоюза, запрещены для использования в качестве продукта питания [18, 19].

В последние годы сырьевая база расширилась за счет использования вторичного масличного сырья, получаемого на консервных предприятиях, а именно плодовых (фруктовых) косточек абрикоса, персика, сливы, вишни, миндаля и др.

Таким образом, установлено, что перспективным функциональным ингредиентом РЖС для производства мучных изделий является масличное и низкомасличное сырье. При этом по объему производства, биологической ценности, функционально-технологическим свойствам, пищевой безопасности и относительно низкой себестоимости особого внимания заслуживает зародышевый продукт пшеницы, потенциальные возможности которого до настоящего времени недостаточно изучены, особенно при создании растительно-жировых композиционных смесей со сбалансированным жирно-кислотным составом целевого назначения. Крупные масштабы современных мукомольно-крупяных производств позволяют концентрировать эти продукты в больших количествах. При надлежащей организации сбора и хранения они представляют собой существенный дополнительный источник натуральных биологически ценных нутриентов.

Следует отметить, что жировые продукты особенно востребованы в хлебопекарной и кондитерской отраслях пищевой промышленности. Вместе с тем пищевая промышленность все более нуждается в обогащенных жировых продуктах твердой консистенции, которые по своим технологическим свойствам были бы пригодны в качестве основного биологически ценного структурирующего компонента маргаринового, хлебопекарной и кондитерской продукции. Использование смесей с прогнозируемым биопотенциалом, обладающих соответствующими функционально-технологическими свойствами и биологической ценностью, сочетающих в себе высокую эффективность, технологичность и безвредность, способно обеспечить требуемое качество продукции и ее повышенную стойкость при хранении. Применение в составе РЖС в качестве растительной составляющей необезжиренного масличного и низкомасличного сырья позволит значительно расширить ассортимент жировых продуктов целевого назначения.

#### Список литературы

1. Мулина, Н. А. Проблемы недостаточного статуса питания и подходы к ее решению / Н. А. Мулина, Н. И. Евстигнеева, Е. А. Юрков // *Хранение и переработка сельхозсырья*. – 2006. – № 6. – С. 71–72.
2. Матвеева, Т. В. Мучные кондитерские изделия функционального назначения. Научные основы, технологии, рецептуры / Т. В. Матвеева, С. Я. Корячкина. – Орел : Госуниверситет-УНПК, 2011. – 358 с.
3. Научные принципы обогащения пищевых продуктов микронутриентами / А. А. Кухаренко [и др.] // *Пищевая промышленность*. – 2008. – № 5. – С. 62–66.
4. Корячкина, С. Я. Инновационные технологии хлебобулочных, макаронных и кондитерских изделий / С. Я. Корячкина, Н. А. Березина, Ю. В. Гончаров. – Орел : Госуниверситет-УНПК, 2011. – 265 с.
5. Иоргачева, Е. Г. Потенциал лекарственных, пряно-ароматических растений в повышении качества пшеничного хлеба / Е. Г. Иоргачева, Т. Е. Лебеденко // *Восточно-Европейский журнал передовых технологий. Технология и оборудование пищевых производств*. – 2014. – № 12 (68), т. 2. – С. 101–107.
6. Поландова, Р. Д. Приоритеты развития хлебобулочных и макаронных изделий / Р. Д. Поландова, Т. И. Шнейдер // *Хлебопечение России*. – 2000. – № 4. – С. 3–4.
7. Особенности растительных масел и их роль в питании / С. Н. Кулакова [и др.] // *Масложировая промышленность*. – 2009. – № 3. – С. 16–20.
8. Стабилизация ферментативной активности сырья растительного происхождения с использованием искусственного холода / А. А. Шевцов [и др.] // *Автоматизация и современные технологии*. – 2009. – № 1. – С. 5–9.

9. Махмудов, Р. А. Исследование физико-химических показателей масла из зародышевых хлопьев пшеницы / Р. А. Махмудов, Ю. И. Макиенко, К. Х. Мажидов // Хранение и переработка сельхозсырья. – 1996. – № 2. – С. 17.
10. Grandel F. Debitting of cereal seed germs. U.S. Patent 2.879.167 / F. Grandel // Chemical abstracts. – 1959. – № 53. – P. 9514.
11. Ведерникова, Е. И. Применение текучего пара при хранении зернопродуктов / Е. И. Ведерникова, Т. В. Сабитова // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2010. – № 1. – С. 12–17.
12. Veldsink, J. W. Selective hydrogenation of sunflower seed oil in a three-phase catalytic membrane reactor / J. W. Veldsink // Journal of the American Oil Chemists' Society. – 2001. – Vol. 78, № 5. – P. 443–446. <https://doi.org/10.1007/s11746-001-0283-2>.
13. Амарант: химический состав, биохимические свойства и способы переработки / И. А. Абрамов [и др.] // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2011. – № 6. – С. 44–48.
14. Жировые продукты для здорового питания. Современный взгляд / Л. Г. Ипатова [и др.]. – М. : ДеЛи принт, 2009. – 396 с.
15. Промышленное масличное сырье [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.znaytovar.ru/s/Promyshlennoe-maslichnoe-syre.html>. – Дата доступа: 12.02.2018.
16. Химический состав кунжута [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://exex.com.ua/ximicheskij-sostav-kunzhuta.htm>. – Дата доступа: 12.02.2018.
17. ГОСТ 30623-98. Масла растительные и маргариновая продукция. Метод обнаружения фальсификации // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/gost-30623-98>. – Дата доступа: 12.02.2018.
18. Климантова, Е. В. Витаминизация масложировой продукции / Е. В. Климантова, Т. Э. Некрасова // Масложировая промышленность. – 2000. – № 1. – С. 32–34.
19. Раскрываем секреты, чем полезно рапсовое масло [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.inmoment.ru/beauty/health-body/grape-oil.html>. – Дата доступа: 12.02.2018.

#### References

1. Mulina N.A., Yevstigneeva N.I., Yurkov Y.A. Problemy nedostatochnogo statusa pitaniya i podxody k eyo resheniyu [The problem of insufficient nutrition status and approaches to its decision]. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyrya* [Storage and Processing of Farm Products], 2006, no. 6, pp.71–72.
2. Matveeva T.V., Koryachkina S.Ya. *Muchnye konditerskie izdeliya funktsional'nogo naznacheniya. Nauchnye osnovy, tekhnologii, retseptury* [Functional use flour confectionery products. Scientific base, technologies, recipes]. Orel : Gosuniversitet-UNPK Publ., 2011. 358 p.
3. Kukhareno A.A., Bogatyrev A.N., Kotorkiy V.M., et al. Nauchnye printsipy obogasheniya pishchevkh produktov mikronutrientami [Scientific principles of food products enrichment with micronutrients]. *Pishchevaya promyshlennost'* [Food Processing Industry], 2008, no. 5, pp. 62–66.
4. Koryachkina S.Ya., Berezina N.A., Goncharov Yu.V. *Innovatsionnye tekhnologii khlebobulochnykh, makaronnykh i konditerskikh izdeliy* [Innovative technologies in production of baked goods, confectionery and noodle products]. Orel: Gosuniversitet-UNPK Publ., 2011. 265 p.
5. Iorgacheva E.G., Lebedenko T.E. Potentsial lekarstvennykh, pryano-aromaticheskikh rasteniy v povishenii kachestva pshenichnogo khleba [Potential of medicinal and aromatic plants to increase the quality of wheat bread]. *Vostochno-Evropeyskiy zhurnal peredovykh tekhnologiy. Tekhnologiya i oborudovanie pishchevnykh proizvodstv* [East-European Journal of Enterprise Technologies. Technology and equipment of foodstuffs], 2014, no. 12(68), vol. 2, pp. 101–107.
6. Polandova R.D., Shneyder T.I. Prioritety razvitiya khlebobulochnykh i makaronnykh izdeliy [Priority areas of baked goods and noodle products development]. *Khlebopechenie Rossii* [Baking in Russia], 2000, no. 4, pp. 3–4.
7. Kulakova S.N., Baykov V.G., Bessonov V.V., et al. Osobennosti rastitel'nykh masel i ikh rol' v pitanii [Peculiarities of vegetable oils and their role in nutrition]. *Maslozhirovaya promyshlennost'* [Fat-and-oil Industry], 2009, no. 3, pp. 16–20.
8. Shevtsov A.A., Alekseeva, T.V., Frolova L.N., et al. Stabilizatsiya fermentativnoy aktivnosti syr'ya rastitel'nogo proiskhozhdeniya s ispol'zovaniyem iskusstvennogo kholoda [Fermentation activity stabilization of the vegetable raw materials with artificial cold utilization]. *Avtomatizatsiya i sovremennye tekhnologii* [Automation. Modern technologies], 2009, no. 1, pp. 5–9.
9. Makhmudov R.A., Makienko Yu.I., Madzhidov K.H. Issledovanie fiziko-khimicheskikh pokazateley masla iz zarodyshevykh khlop'ev pshenitsy [Study of physicochemical parameters of oil produced from wheat germ flakes]. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyrya* [Storage and Processing of Farm Products], 1996, no. 2, pp. 17.
10. Grandel F. Debitting of cereal seed germs. U.S. Patent 2.879.167. *Chemical Abstracts*, 1959, no. 53, p. 9514.
11. Vedernikova E.I., Sabitova T.V. Primenenie tekuchego para pri khranении zernoproductov [Using free-flowing steam at grain products storage]. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyrya* [Storage and Processing of Farm Products], 2010, no. 1, pp. 12–17.
12. Veldsink J.W. Selective hydrogenation of sunflower seed oil in a three-phase catalytic membrane reactor. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 2001, vol. 78, no. 5, pp. 443–446. <https://doi.org/10.1007/s11746-001-0283-2>.
13. Abramov I.A., Eliseeva N.E., Kolpakova V.V., et al. Амарант: химический состав, биохимические свойства и способы переработки [Amaranth: chemical composition, biochemical properties and processing methods]. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyrya* [Storage and Processing of Farm Products], 2011, no. 6, pp. 44–48.
14. Ipatova L.G., Kochetkova A.A., Nechaev A.P., et al. Zhirovyye produkty dlya zdorovogo pitaniya. Sovremennyy vzglyad [Fatty products for healthy diet. Modern view]. Moscow: DeLi print Publ., 2009. 396 p.

15. *Promyshlennoye maslichnoye syr'ye* [Industrial oily raw materials]. Available at: <http://www.znaytovar.ru/s/Promyshlennoe-maslichnoe-syre.html>. (accessed 12 February 2018).
16. *Khimicheskiy sostav kunzhuta* [Sesame chemical composition]. Available at: <http://exex.com.ua/ximicheskij-sostav-kunzhuta.html>. (accessed 12 February 2018).
17. *GOST 30623-98. Masla rastitel'nyye i margarinovaya produktsiya. Metod obnaruzheniya fal'sifikatsii* [State Standard 30623-98. Vegetable oils and margarine products. Method for counterfeit products detection]. Elektronnyy fond pravovoy i normativno-tekhnicheskoy dokumentatsii [Legal and regulatory technical documentation electronic bank]. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/gost-30623-98>. (accessed 12 February 2018).
18. Klimantova E.V., Nekrasova T.E. *Vitaminizatsiya maslozhirovoy produktsii* [Vitamin enrichment of fat-and-oil products]. *Maslozhirovaya promishlennost'* [Oil and Fat Industry], 2000, no. 1, pp. 32–34.
19. *Raskryvayem sekrety, chem polezno rapsovoe maslo* [Reveal the secrets. Why is rapeseed oil useful?]. Available at: <https://www.inmoment.ru/beauty/health-body/rape-oil.html>. (accessed 12 February 2018).

**Исабаев Исмаил Бабаджанович**

д-р техн. наук, доцент, профессор кафедры пищевой технологии и промышленной экологии, Бухарский инженерно-технологический институт, 200100, Узбекистан, г. Бухара, ул. К. Муртазаева, 15, тел.: +7 (365) 223-78-84, e-mail: [bmti\\_info@edu.uz](mailto:bmti_info@edu.uz)  
 <https://orcid.org/0000-0003-0884-7284>

**Атамуратова Тамара Ивановна**

канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры пищевой технологии и промышленной экологии, Бухарский инженерно-технологический институт, 200100, Узбекистан, г. Бухара, ул. К. Муртазаева, 15, тел.: +7 (365) 223-78-84, e-mail: [bmti\\_info@edu.uz](mailto:bmti_info@edu.uz)  
 <https://orcid.org/0000-0002-8653-194X>

**Ismail B. Isabayev**

Dr.Sci.(Eng.), Associate Professor, Professor of the Department of Food Technology and Industrial Ecology, Bukhara Engineering and Technology Institute, 15, K. Murtazayeva Str., Bukhara, 200100, Uzbekistan, phone: +7 (365) 223-78-84, e-mail: [bmti\\_info@edu.uz](mailto:bmti_info@edu.uz)  
 <https://orcid.org/0000-0003-0884-7284>

**Tamara I. Atamuratova**

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Food Technology and Industrial Ecology, Bukhara Engineering and Technology Institute, 15, K. Murtazayeva Str., Bukhara, 200100, Uzbekistan, phone: +7 (365) 223-78-84, e-mail: [bmti\\_info@edu.uz](mailto:bmti_info@edu.uz)  
 <https://orcid.org/0000-0002-8653-194X>



<https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-2-64-72>  
УДК 664.863

## РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ СОКА ИЗ РОСТКОВ ПШЕНИЦЫ С ОПРЕДЕЛЕНИЕМ РЕЖИМОВ И СРОКОВ ЕГО ХРАНЕНИЯ

В. В. Казина<sup>ORCID</sup>, Т. Н. Сафронова\*<sup>ORCID</sup>, Л. Г. Ермош<sup>ORCID</sup>

ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»,  
Торгово-экономический институт,  
660075, Россия, г. Красноярск, ул. Л. Прушинской, 2

Дата поступления в редакцию: 24.02.2018

Дата принятия в печать: 21.05.2018

\*e-mail: safronova63@mail.ru



© В. В. Казина, Т. Н. Сафронова, Л. Г. Ермош, 2018

**Аннотация.** Для обогащения продуктов используют различное зерновое сырье. Пшеничный сок является источником питательных веществ, витаминов, макро- и микроэлементов, ферментов, аминокислот, в том числе незаменимых. В качестве объекта исследования были взяты зеленые ростки зерна пшеницы. Выжимка сока производилась с использованием соковыжималок различного принципа действия. У сока из ростков пшеницы определяли органолептические, физико-химические и микробиологические показатели. Для предотвращения порчи при хранении сок из ростков пшеницы упаковывали в вакуумные пакеты и пакеты для льда, интенсивно охлаждая и замораживая соответственно. Контроль качества проводили по трем контрольным точкам в течение 10 суток хранения, в которых определялись органолептические и микробиологические показатели сока из ростков пшеницы. Разработана технология получения сока из пророщенных в пароконвекционном аппарате ростков пшеницы длиной 10 см с использованием шнековой соковыжималки и аппарата интенсивного охлаждения. Определены режимы и сроки хранения: в вакуумной упаковке при влажности 75 %, температуре  $(4 \pm 2)^\circ\text{C}$  – 5 суток; в пакетах для льда при влажности 75 %, температуре  $(-18 \pm 2)^\circ\text{C}$  – 7 суток. Употребление 100 г сока из ростков пшеницы удовлетворяет суточную потребность организма человека в сахаре на 1,5–1,74 %, витамине С – на 5,6 %, В<sub>2</sub> – 38,8 %, В<sub>9</sub> – 20 %, К – 6,3%, в кальции – 0,8 %, железе – 2,8–5,1 %, магнии – 0,75 %, калии – 20,1 %, натрии – 0,38 %, что говорит о высокой пищевой ценности продукта.

**Ключевые слова.** Сок из ростков пшеницы, технологические режимы получения сока, аппарат интенсивного охлаждения, вакуумная упаковка

**Для цитирования:** Казина, В. В. Разработка технологии получения сока из ростков пшеницы с определением режимов и сроков его хранения / В. В. Казина, Т. Н. Сафронова, Л. Г. Ермош // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 2. С. 64–72. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-2-64-72>.

## WHEAT SPROUTS JUICE PRODUCTION TECHNOLOGY DEVELOPMENT AND DETERMINATION OF JUICE STORAGE MODES AND TERMS

V.V. Kazina<sup>ORCID</sup>, T.N. Safronova\*<sup>ORCID</sup>, L.G. Ermosh<sup>ORCID</sup>

Siberian Federal University, Institute of Economics and Trade,  
2, L. Prushinskoy Str., Krasnoyarsk, 660075, Russia

Received: 24.02.2018

Accepted: 21.05.2018

\*e-mail: safronova63@mail.ru



© V.V. Kazina, T.N. Safronova, L.G. Ermosh, 2018

**Abstract.** Different grain raw materials are used to enrich products. Wheat juice is a source of nutrients, vitamins, macro- and microelements, enzymes, amino acids, including irreplaceable ones. Green sprouts of wheat grain were taken as a research object. The juice pressing was made using juice extractors with various operating principles. Organoleptic, physicochemical and microbiological properties of wheat sprouts juice were determined. Wheat sprouts juice was packed into vacuum packages and packages for ice, intensively cooled and frozen respectively to prevent the product from spoilage during storage. Quality control was carried out considering three control points during 10 days of storage. Organoleptic and microbiological indicators of wheat sprouts juice were determined in these points. The author developed a production technology of juice obtained from wheat sprouts which germinated in a steam convection apparatus up to 10cm length. Screw juice extractor and intensive cooling machine were used. The author determined storage modes and periods: in vacuum packing at humidity of 75%,  $4 \pm 2^\circ\text{C}$  it can be stored for 5 days; in packages for ice at humidity of 75%,  $-18 \pm 2^\circ\text{C}$  – for 7 days. Consumption of 100g of wheat sprouts juice satisfies daily nutrient requirement for sugar – 1.5–1.74%, vitamin C – 5.6%, В<sub>2</sub> – 38.8%, В<sub>9</sub> – 20%, К – 6.3%, in calcium – 0.8%, iron – 2.8–5.1%, magnesium – 0.75%, potassium – 20.1%, sodium – 0.38%. That demonstrates high nutritional value of a product.

**Keywords.** Wheat sprouts juice, juice production technological modes, intensive cooling device, vacuum packing

**For citation:** Kazina V.V., Safronova T.N., Ermosh L.G. Wheat sprouts juice production technology development and determination of juice storage modes and terms. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2018, vol. 48, no. 2, pp. 64–72 (In Russ.). <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-2-64-72>.

## Введение

Необходимость обогащения продуктов биологически активными веществами и пищевыми волокнами является главной предпосылкой для разработки пищевых продуктов и кулинарных блюд, отвечающих запросам современного потребителя. Для обогащения продуктов питания используется разнообразное сырье, в частности зерновое. Особый интерес представляет сок из ростков пшеницы как один из возможных источников обогащения рациона питания [1].

Проращение зерна пшеницы до зеленых ростков приводит к увеличению витаминов и некоторых микроэлементов. Витамин С и другие витамины, содержащиеся в семени в ничтожных количествах, при проращении образуются весьма интенсивно. Важно то, что минеральные вещества в ростках желатинированы; это означает, что они находятся в естественном состоянии, то есть связаны с аминокислотами и потому хорошо усваиваются человеческим организмом [3–5]. Зеленые ростки чаще всего используются в пищу в качестве сока, который получают из ростков пшеницы высотой 10–12 см. Пшеничный сок является источником питательных веществ, витаминов, макро- и микроэлементов, ферментов, аминокислот, в том числе незаменимых. Он обладает выраженной антигипоксической активностью и может быть рекомендован к использованию в питании людей с гипоксическими состояниями. Сок из ростков пшеницы способен улучшить состояние здоровья и может быть использован для лечения различных видов поражений кожи, ожогов и язв, где он действует как агент, заживляющий раны, стимулирующий грануляционную ткань и эпителизацию. Хлорофилл, содержащийся в соке, обладает бактериостатическими свойствами, способствующими заживлению ран, и стимулирует производство гемоглобина и эритроцитов у анемичных животных. Производные хлорофилла оказывают благоприятный эффект при раке печени и толстой кишки, а также в желудке и желудочно-кишечном тракте. Сок из ростков пшеницы содержит много калия, который является агентом для свертывания крови, поэтому сок противопоказан людям, принимающим препараты для разжижения крови, или людям с аллергией на пшеницу [5–13].

Использование сока из зеленых ростков зерна пшеницы весьма ограничено в системе общественного питания из-за короткого срока его хранения. Сок из ростков зерна пшеницы может быть более широко использован в системе общественного питания в качестве добавки к рациону питания, витаминизации готовых блюд. В связи с вышеизложенным перед технологами общественного питания встает задача разработки новой технологии получения сока из зеленых ростков зерна пшеницы, отличающейся от известных способов простотой, уменьшением материальных затрат, увеличением длительности хранения [14–18].

Цель работы – разработка технологии получения сока из зеленых ростков зерна

пшеницы, пророщенного с использованием пароконвекционного аппарата, для системы общественного питания.

## Объекты и методы исследования

В качестве объекта исследования были взяты зеленые ростки зерна пшеницы длиной 10 см, пророщенные в пароконвекционном аппарате «Рациональ» SCC61WE-3NAC400V50/60 при 100 % влажности и температуре  $(30 \pm 1)^\circ\text{C}$ . Для этого отбирали по 100 г навески сухого зерна для проращивания (ТУ 9700-005-50765127-06 ООО «СибТар», г. Новосибирск), размещали тонким слоем толщиной не более 0,5 см на перфорированную гастроемкость GN 2/1 и помещали в пароконвектомат на 108 ч. За 36 ч до окончания проращивания в камере пароконвекционного аппарата включали освещение для озеленения ростков и образования хлорофилла [19, 20]. Зеленые ростки пшеницы имеют следующие показатели – ростки равномерной длины, листья шириной 3–3,5 мм, плоские, линейные. Цвет и запах ростков – нормальные, свойственные здоровым росткам. Содержание сухих веществ составляет  $(9,8 \pm 0,05) \%$ .

Исследование технологии получения сока из ростков пшеницы проводилось с использованием соковыжималки BORK S 600 мощностью 150 Вт (Корея) и Robot Coupe J 80 Ultra мощностью 700 Вт (Франция). Органолептические, физико-химические исследования проводились в соответствии с требованиями ГОСТ 26313-84; ГОСТ 28561-90; ГОСТ ISO 6658-2016; ГОСТ Р 51433-99; ГОСТ Р 51434-99; ГОСТ Р 51411-99; ГОСТ 7047-55; ГОСТ 26188-84; ГОСТ 24556-89; ГОСТ 26928-86; ГОСТ Р 51429-99; ГОСТ 8756.13-87, микробиологические – в соответствии с СанПиН 2.3.2.1078-01. С целью проверки полученных данных был использован непараметрический критерий Колмогорова – Смирнова. При сравнении средних значений разница считалась достоверной при  $p < 0,05$ . Для построения математической модели оптимизации технологии использовали метод полного факторного анализа с составлением уравнения множественной линейной регрессии (Statistica 6.0).

Исследование условий и сроков хранения сока из ростков зерна пшеницы проводили в соответствии с СанПиН 2.3.2.1078-01 и МУК 4.2.1847-04 при температуре  $(4 \pm 2)^\circ\text{C}$ ,  $(-18 \pm 1)^\circ\text{C}$ . Использовали вакуумный упаковщик Profi Cook PC-VK 1015, шкаф интенсивного охлаждения PF 031AF CHILLY GN1. Для этой цели готовый сок из зеленых ростков пшеницы упаковывали двумя способами: в первом случае сок помещали в вакуумные пакеты, ставили в шкаф интенсивного охлаждения до достижения температуры внутри продукта  $+6^\circ\text{C}$ , затем хранили в течение 10 суток. Во втором случае сок упаковывали в пакеты для льда, охлаждали в шкафу интенсивного охлаждения до достижения температуры  $-18^\circ\text{C}$  и хранили в течение 10 недель. В процессе хранения у обоих образцов определяли органолептические, физико-химические и микробиологические показатели в трех контрольных точках.

Оценку пищевой ценности сока из ростков пшеницы проводили для мужчин и женщин III группы физической активности и возрастной группы 30–39 лет (MP 2.3.1.2432-08).

### Результаты и их обсуждение

Растительное сырье представляет собой живой многоклеточный организм. Протоплазма живой клетки плохо проницаема для находящихся в клеточном соке экстрактивных веществ. Она препятствует выходу сока наружу. Полупроницаемость протоплазмы присуща только живой клетке. В условиях, неблагоприятных для жизнедеятельности клетки, физико-химические свойства протоплазмы изменяются: увеличивается вязкость, затем начинают коагулировать белки, из которых состоит основная масса протоплазмы. Образуются отдельные сгустки белков, отслаивающиеся от оболочки клетки. Если воздействие неблагоприятных факторов не было слишком сильным и длительным, то после их устранения протоплазма может приобрести первоначальные свойства, то есть в известных пределах процесс является обратимым. При достаточно сильном воздействии происходит полная коагуляция протоплазмы, после которой восстановление ее первоначальных свойств невозможно. Клетка при этом погибает. Протоплазма таких клеток теряет способность удерживать сок, который легко выходит наружу через образовавшиеся крупные поры. Таким образом, протоплазма становится полностью проницаемой.

Некоторые виды сырья содержат значительное количество коллоидов, которые повышают вязкость сока, и поэтому он трудно отпрессовывается из мезги. К подобному сырью можно отнести зеленые ростки зерна пшеницы, выделению сока из которых способствует разрушение коллоидов. Выход сока зависит от степени измельчения сырья, количества пектиновых веществ, состояния коллоидной системы мезги и других факторов.

Для получения сока из ростков пшеницы были выбраны соковыжималки с двумя разными принципами действия. Процесс выжимки сока в шнековой соковыжималке BORK S 600 схож с принципом работы обычной мясорубки. Продукт

поступает в загрузочный желоб, где подвергается выжимке винтообразным шнеком. Оставшийся жмых выходит через отведенное отверстие в специальный контейнер [21]. Особенностью шнековых соковыжималок является работа на малых скоростях вращения шнека – это способствует тому, что при отжиме сок не нагревается и не окисляется. Такой способ часто называют холодным отжимом. Центробежная соковыжималка Robot Coupe J 80 Ultra отделяет сок от мякоти на больших оборотах под воздействием центрифужной силы. Происходит следующий процесс: жмых с большой скоростью движется по соковыжималке, мякоть от огромного количества оборотов вдавливается в стенки, выделяя сок, который спускается по специальным отверстиям вниз в стакан [22].

Для получения сока из пророщенной пшеницы ростки размером 10 см срезали у основания зерна, включая белую часть ростка, промывали в проточной холодной воде в течение 2 мин и производили сок двумя способами.

Полученный сок сравнивали по следующим показателям: масса отжатого сока и жмыха; содержание растворимых сухих веществ в соке, активная кислотность. Результаты представлены в табл. 1. Органолептические показатели сока из ростков пшеницы отображены в табл. 2.

Таблица 1 – Сравнительная характеристика сока из ростков пшеницы, (M ± m) (n = 6)

Table 1 – Wheat sprouts juice comparative analysis, (M ± m) (n = 6)

Определяемые показатели	Принцип действия соковыжималки	
	шнековый	центробежный
Выход сока из 100 г зеленых ростков, г	52,1 ± 0,05*	38,3 ± 0,05
Выход жмыха из 100 г зеленых ростков, г	30,4 ± 0,05	43,7 ± 0,05*
Содержание растворимых сухих веществ в соке, %	5,7 ± 0,05*	5,1 ± 0,05
Активная кислотность сока из ростков пшеницы (pH)	6,41 ± 0,05*	6,38 ± 0,05

\* обозначены внутригрупповые различия, сравнение двух средних, LSD-тест,  $p < 0,05$

\* differences within the group are indicated, comparison of two average values, LSD-test,  $p < 0.05$

Таблица 2 – Органолептические показатели сока из зеленых ростков пшеницы, (M ± m) (n = 7)

Table 2 – Organoleptic parameters of wheat green sprouts juice, (M ± m) (n = 7)

Показатели	Сок, полученный соковыжималкой BORK S 600	
	характеристика	общий балл (по пятибалльной системе)
Внешний вид	однородная непрозрачная жидкость	4,8 ± 0,02*
Цвет	однородный по всей массе, насыщенный темно-зеленый	4,9 ± 0,01
Запах	соответствующий, травяной	4,8 ± 0,02*
Вкус	сладкий	4,7 ± 0,01*
Показатели	Сок, полученный соковыжималкой Robot Coupe J 80 Ultra	
	характеристика	общий балл (по пятибалльной системе)
Внешний вид	однородная непрозрачная жидкость с небольшим осадком	4,7 ± 0,02
Цвет	однородный по всей массе, насыщенный темно-зеленый	4,9 ± 0,01
Запах	соответствующий, травяной	4,7 ± 0,01
Вкус	сладкий	4,6 ± 0,02

\* обозначены внутригрупповые различия, сравнение двух средних, LSD-тест,  $p < 0,05$

\* differences within the group are indicated, comparison of two average values, LSD-test,  $p < 0.05$

Из данных табл. 1 и 2 можно сделать вывод, что сок из ростков пшеницы, полученный путем отжима по принципу действия шнековой соковыжималки, имеет наилучшие органолептические показатели, наименьшие потери в весе и сухих веществах по сравнению с соком, полученным по принципу центробежной соковыжималки. Показатель кислотности не взаимосвязан с принципом действия соковыжималки. Таким образом, оптимальным решением при получении сока из ростков пшеницы будет использование шнековой соковыжималки, в нашем случае это модель BORK S 600. В табл. 3 представлен химический состав зеленых ростков пшеницы и сока из них [23].

Полученный сок из-за сильно выраженного сладкого вкуса рекомендуется употреблять в пищу, разбавляя водой, фруктовым или овощным соком. Соотношение может быть любым в зависимости от вкусовых предпочтений. Технологическая схема производства сока из ростков пшеницы представлена на рис. 1.

Так как дубильные вещества сока окисляются на воздухе, проводили исследование сроков хранения сока из зеленых ростков пшеницы двумя различными способами.

Первоначально сок упаковывали в полимерную пленку с помощью вакуумного упаковщика Profi Cook PC-VK 1015. Затем упакованный сок помещали в шкаф интенсивного охлаждения PF 031AF CHILLY GN1 до достижения температуры +6 °С внутри продукта. Достижение контрольной температуры происходило за 5 мин, в отличие от традиционного охлаждения при температуре (6 ± 2) °С, которое занимало 30 мин. Готовые запечатанные охлажденные пакеты хранили при температуре (6 ± 2) °С в течение 10 суток. Такие органолептические показатели, как сохранность сухих веществ и витамина С, определяли в трех контрольных точках (3, 6 и 10 сутки). Результаты отображены в табл. 4 и на рис. 2.

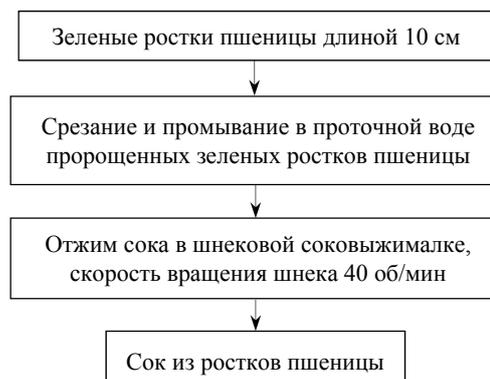


Рисунок 1 – Технологическая схема производства сока из ростков пшеницы

Figure 1 – Wheat sprouts juice production scheme

Таблица 3 – Химический состав зеленых ростков пшеницы и сока из них, (M ± m) (n = 6)

Table 3 – Chemical composition of wheat green sprouts and their juice, (M ± m) (n = 6)

Наименование пищевых веществ (в г/мг/мкг на 100 г съедобной части)	Зеленые ростки пшеницы	Сок из зеленых ростков пшеницы
Вода, г	90,2 ± 0,03	94,0 ± 0,05
Энергетическая ценность, ккал	45,7 ± 0,05	28,0 ± 0,03
Сахар, г	10,4 ± 0,02	6,48 ± 0,05
Зола, г	0,14 ± 0,05	0,09 ± 0,03
Минеральные вещества в т. ч.:		
Кальций, мг	12,8 ± 0,02	8,0 ± 0,03
Железо, мг	0,82 ± 0,03	0,51 ± 0,05
Магний, мг	9,6 ± 0,02	6,0 ± 0,02
Калий, мг	88,0 ± 0,05	55,0 ± 0,03
Натрий, мг	8,0 ± 0,03	5,0 ± 0,02
Витамины в т. ч.:		
Витамин С, мг	8,16 ± 0,03	5,1 ± 0,02
Рибофлавин (В <sub>2</sub> ), мг	0,1 ± 0,05	0,07 ± 0,03
Фолиевая кислота (В <sub>9</sub> ), мкг	6,4 ± 0,02	4,0 ± 0,03
Витамин К, мкг	12,2 ± 0,05	7,6 ± 0,03

Таблица 4 – Органолептические показатели упакованного сока из пророщенного до зеленых ростков зерна пшеницы в вакуумной упаковке охлажденного в контрольных точках, (M ± m) (n = 7)

Table 4 – Organoleptic parameters of the packaged juice obtained from wheat grain germinated till green sprouts in vacuum package cooled in the control points, (M ± m) (n = 7)

Показатели	Характеристика	Общий балл (по пятибалльной системе)
контроль		
Состояние упаковки	сохранена герметичность	
Внешний вид	однородная непрозрачная жидкость с мякотью без осадка	4,8 ± 0,02
Цвет	однородный по всей массе, насыщенный темно-зеленый	4,9 ± 0,01
Запах	соответствующий, травяной	4,8 ± 0,02
Вкус	сладкий	4,7 ± 0,01
3 суток		
то же		
6 суток		
то же		
10 суток		
Состояние упаковки	Сохранена герметичность	
Внешний вид	однородная непрозрачная жидкость с мякотью без осадка	4,8 ± 0,02
Цвет	однородный по всей массе, темно-зеленый с коричневатым оттенком	3,7 ± 0,01
Запах	слабовыраженный, травяной	4,1 ± 0,02
Вкус	сладкий	4,7 ± 0,01

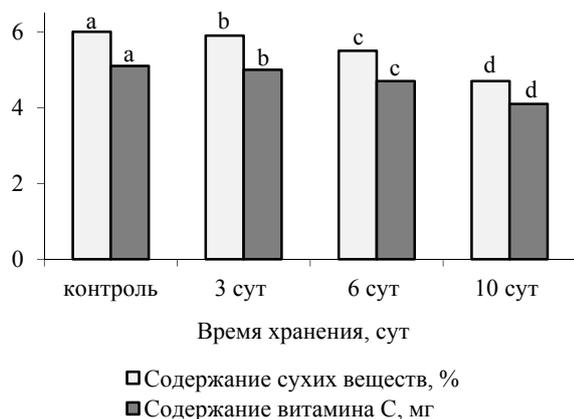


Рисунок 2 – Содержание сухих веществ и витамина С при хранении сока в вакуумной упаковке при температуре (6 ± 2) °С, (M ± m) (n = 6) (различными буквами обозначены внутригрупповые различия, множественное сравнение средних, LSD-тест, p < 0,05)

Figure 2 – Dry matter and vitamin C content at juice storage in a vacuum package at (6 ± 2) °C, (M ± m) (n = 6) (different letters indicate differences within a group, multiple comparison of the average values, LSD-test, p < 0.05)

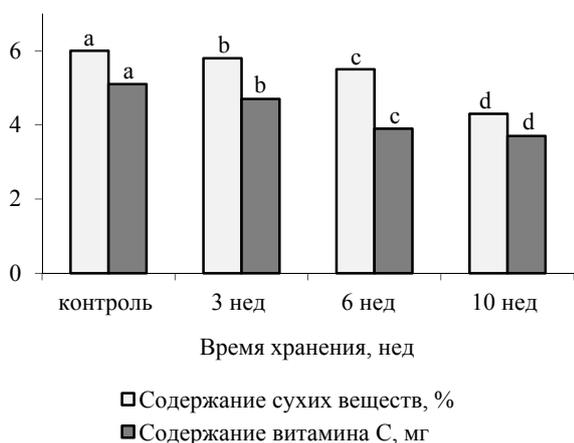


Рисунок 3 – Содержание сухих веществ и витамина С при хранении сока в пакетах для льда при температуре (-18 ± 2) °С, (M ± m) (n = 6) (различными буквами обозначены внутригрупповые различия, множественное сравнение средних, LSD-тест, p < 0,05)

Figure 3 – Dry matter and vitamin C content at juice storage in packages for ice at (-18 ± 2) °C, (M ± m) (n = 6) (different letters indicate differences within a group, multiple comparison of the average values, LSD-test, p < 0.05)

Вторым способом сок упаковывали в пакеты для льда из полиэтилена низкого давления плотностью 25,5 мкм, помещали в шкаф интенсивного охлаждения PF 031AF CHILLY GN1 до снижения температуры упакованного продукта до -18 °С. Достижение контрольной температуры происходило за 16 мин, в отличие от традиционного при температуре (-18 ± 2) °С, которое занимало 90 мин. Готовые запечатанные охлажденные пакеты хранили при температуре

(-18 ± 2) °С в течение 10 недель. Такие органолептические показатели, как содержание сухих веществ и витамина С, определяли в трех контрольных точках (3, 6 и 10 недель). Результаты представлены в табл. 5 и на рис. 3.

Таким образом, органолептические показатели сока из пророщенного до зеленых ростков зерна пшеницы после хранения при температуре (-18 ± 2) °С в течение 10 недель не хуже результатов, полученных перед шоковой заморозкой. При этом упаковка сохранила герметичность, органолептические показатели имели высокие значения.

Органолептические показатели сока после хранения в вакуумной упаковке при температуре (4 ± 2) °С в течение 10 суток заметно отличаются от контрольных образцов. Это говорит о том, что такой способ продлевает срок хранения сока до 6 суток.

Таблица 5 – Органолептические показатели упакованного сока из пророщенного до зеленых ростков зерна пшеницы в пакетах для льда замороженного в контрольных точках, (M ± m) (n = 7)

Table 5 – Organoleptic parameters of the packaged juice obtained from wheat grain germinated till green sprouts (in packages for ice and frozen in the control points), (M ± m) (n = 7)

Показатели	Характеристика	Общий балл (по пятибалльной системе)
контроль		
Состояние упаковки	сохранена герметичность	
Внешний вид	однородная непрозрачная жидкость с мякотью без осадка	4,7 ± 0,01
Цвет	однородный по всей массе, насыщенный темно-зеленый	4,8 ± 0,02
Запах	соответствующий, травяной	4,9 ± 0,01
Вкус	сладкий	4,7 ± 0,02
3 суток		
то же		
6 суток		
то же		
10 суток		
Состояние упаковки	сохранена герметичность	
Внешний вид	однородная непрозрачная жидкость с мякотью без осадка	4,7 ± 0,02
Цвет	однородный по всей массе, насыщенный темно-зеленый	4,7 ± 0,02
Запах	соответствующий, травяной	4,6 ± 0,01
Вкус	сладкий	4,6 ± 0,01

2 Таблица 6 – Микробиологические показатели

Table 6 – Microbiological indicators

Наименование показателей	Результаты испытания после хранения			Величина допустимых уровней
	3 сут	6 сут	10 сут	
сок из пророщенного до зеленых ростков зерна пшеницы в вакуумной упаковке охлажденный				
КМАФАнМ, КОЕ/г	$< 1 \cdot 10^3$	$< 1 \cdot 10^3$	$< 1 \cdot 10^3$	не более $1 \cdot 10^3$
БГКП (колиформы) в 0,1 г	не обн.	не обн.	не обн.	не доп.
Патогенные, в т. ч. сальмонеллы в 25 г	не обн.	не обн.	не обн.	не доп.
Плесени, КОЕ/г	$< 11$	$< 11$	$< 11$	не более 11
сок из пророщенного до зеленых ростков зерна пшеницы в пакетах для льда замороженный				
КМАФАнМ, КОЕ/г	$< 1 \cdot 10^3$	$< 1 \cdot 10^3$	$< 1 \cdot 10^3$	не более $1 \cdot 10^3$
БГКП (колиформы) в 0,1 г	не обн.	не обн.	не обн.	не доп.
Патогенные, в т. ч. сальмонеллы в 25 г	не обн.	не обн.	не обн.	не доп.
Плесени, КОЕ/г	$< 11$	$< 11$	$< 11$	не более 11

Таблица 7 – Оценка пищевой ценности пророщенного зерна пшеницы (100 г)

Table 7 – Wheat sprouts nutritional value assessment (100 g)

Показатель	Значение	Суточная потребность, мг, г/сут, МР 2.3.1.2432-08	Степень удовлетворения, %
Сахар, г	6,48	372/432	1,74/1,5
Витамин С, мг	5,1	90	5,6
Витамин В <sub>2</sub> , мг	0,07	0,18	38,8
Витамин В <sub>9</sub> , мкг	4,0	20	20
Витамин К, мкг	7,6	120	6,3
Кальций, мг	8,0	1000	0,8
Железо, мг	0,51	18/10	2,8/5,1
Магний, мг	6,0	400	0,75
Калий, мг	55,0	273	20,1
Натрий, мг	5,0	1300	0,38

Микробиологические показатели сока из пророщенного до зеленых ростков зерна пшеницы в вакуумной упаковке охлажденного и сока из пророщенного до зеленых ростков пшеницы в пакетах для льда замороженного представлены в табл. 6.

Таким образом, можно заключить, что в течение 10 недель хранения упакованного сока из пророщенного до зеленых ростков зерна пшеницы, замороженного в аппарате шоковой заморозки, и сока, охлажденного в вакуумной упаковке и хранившегося в течение 6 суток, соответствуют требованиям СанПиН 2.3.2.1078-01. С учетом  $k = 1,3$  (МУК 4.2.1847-04), принимаем срок хранения сока из зеленых ростков пшеницы, упакованного в вакуумный пакет, 5 суток при регулируемой температуре  $(4 \pm 2) ^\circ\text{C}$ , влажности воздуха 75 %. Срок хранения сока из зеленых ростков пшеницы, замороженного в аппарате шоковой заморозки, – 7 суток при

регулируемой температуре  $(-18 \pm 2) ^\circ\text{C}$ , влажности воздуха 75 %.

Оценивали пищевую ценность пророщенного зерна пшеницы. В табл. 7 указан уровень удовлетворения суточной потребности организма человека в основных питательных веществах за счет 100 г сока из ростков пшеницы.

Таким образом, проведенные исследования показали, что употребление 100 г сока из ростков пшеницы удовлетворяет суточную потребность организма человека в сахаре на 1,5–1,74 %, витамине С – на 5,6 %, В<sub>2</sub> – 38,8 %, В<sub>9</sub> – 20 %, К – 6,3 %, в кальции – 0,8 %, железе – 2,8–5,1 %, магнии – 0,75 %, калии – 20,1 %, натрии – 0,38 %, что говорит о высокой пищевой ценности продукта.

### Выводы

В результате проведенных исследований разработана технология получения сока из зеленых, пророщенных в пароконвектомате ростков пшеницы с применением соковыжималки шнекового принципа действия, которая способствует увеличению выхода сока, улучшению органолептических свойств и сохранности сухих веществ. Установлено, что одним из лучших способов хранения является замораживание в пакетах для льда в аппарате интенсивного охлаждения при температуре  $-18 ^\circ\text{C}$  и хранение в течение 7 суток при регулируемой температуре  $(-18 \pm 2) ^\circ\text{C}$ , влажности воздуха 75 %. Охлаждение в вакуумной упаковке допускается в течение 5 суток при регулируемой температуре  $(4 \pm 2) ^\circ\text{C}$ , влажности воздуха 75 %. Данная технология может быть использована в системе общественного питания с целью получения пищевых продуктов повышенной пищевой ценности.

### Список литературы

1. Физиология и биохимия покоя и прорастания семян / под ред. М. Г. Николаевой, Н. В. Обручевой ; пер. с англ. Н. А. Аскоченской [и др.]. – М. : Колос, 1982. – 496 с.
2. Казакова, Т. Д. Биохимия зерна и хлебопродуктов / Т. Д. Казакова, Г. П. Карпиленко. – СПб. : ГИОРД, 2005. – С. 332–345.
3. Казаков, Е. Д. Основные сведения о зерне / Е. Д. Казаков. – М. : Спецтехника, 1997. – 144 с.
4. Казаков, Е. Д. От зерна к хлебу / Е. Д. Казаков. – М. : Агропромиздат, 1975. – 208 с.
5. Бирюкова, И. А. Проростки – пища жизни / И. А. Бирюкова // Пенсионер. – 2008. – № 3. – С. 17–20.

6. Chlorophyllin intervention reduces aflatoxin-DNA adducts in individuals at high risk for liver cancer / P. A. Egner [et al.] // Proceedings of the National Academy of Sciences. – 2001. – Vol. 98 (25). – P. 14601–14606. <https://doi.org/10.1073/pnas.251536898>.
7. Protection by chlorophyllin and indole-3-carbinol against 2-amino-1-methyl-6-phenylimidazo 4,5-b, pyridine (PhIP)-induced DNA adducts and colonic aberrant crypts in the F344 rat / D. Guo [et al.] // Carcinogenesis. – 1995. – Vol. 16 (12). – P. 2931–2937. <https://doi.org/10.1093/carcin/16.12.2931>.
8. The importance of carcinogen dose in chemoprevention studies: quantitative interrelationships between, dibenzo[a,l]pyrene dose, chlorophyllin dose, target organ DNA adduct biomarkers and final tumor outcome // M. M. Pratt [et al.] // Carcinogenesis. – 2007. – Vol. 28 (3). – P. 611–624. <https://doi.org/10.1093/carcin/bgl174>.
9. Sarkar, D. Chlorophyll and chlorophyllin as modifiers of genotoxic effects / D. Sarkar, A. Sharma, G. Talukder // Mutation Research. – 1994. – Vol. 318 (3). – P. 239–247. [https://doi.org/10.1016/0165-1110\(94\)90017-5](https://doi.org/10.1016/0165-1110(94)90017-5).
10. Оценка биологических свойств сока из ростков пшеницы. Разработка технологии его получения / С. Ю. Солодников [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2015. – № 3. – С. 62–68.
11. Lai, C. N. Inhibition of *in vitro* metabolic activation of carcinogens by wheat sprout extracts / C. N. Lai, B. Dabney, C. Shaw // Nutrition and Cancer. – 1978. – Vol. 1 (1). P. 27–30. <https://doi.org/10.1080/01635587809513598>.
12. Lai, C. N. Chlorophyll: The active factor in wheat sprout extract inhibiting the metabolic activation of carcinogens *in vitro* / C. N. Lai // Nutrition and Cancer. – 1979. – Vol. 1 (3). – P. 19–21. <https://doi.org/10.1080/01635587909513623>.
13. Chiu, L. C. The Chlorophyllin induced cell cycle arrest and apoptosis in human breast cancer MCF 7 cells is associated with ERK deactivation and Cyclin D1 depletion / L. C. Chiu, C. K. Kong, V. E. Ooi // International Journal of Molecular Medicine. – 2005. – Vol. 16 (4). – P. 735–740.
14. Wheat grass: a review on pharmacognosy and pharmacological aspects / Ch. Payal [et al.] // International Journal of Phyto pharmacology. – 2015. – Vol. 6 (2). – P. 80–85.
15. Chauhan, M. A pilot study on wheat grass juice for its phytochemical, nutritional and therapeutic potential on chronic diseases / M. Chauhan // International Journal of Chemistry Studies. – 2014. – Vol. 2 (4). – P. 27–34.
16. Пат. 2385659 Российская Федерация, МПК А 23 L 2/38. Способ получения напитка из пророщенных зерен пшеницы и напитков, полученный этим способом / Странник А. А. ; заявитель и патентообладатель Странник А. А. – № 2008141333/13 ; заявл. 17.10.2008 ; опубл. 10.04.2010, Бюл. № 10. – 5 с.
17. Пат. 2428029 Российская Федерация, МПК А 21 D 13/02. Способ получения пророщенного зерна пшеницы / Бирик И. В, Хижняк А. А. ; заявитель и патентообладатель Дальневосточный государственный аграрный университет. – № 2010118417/13 ; заявл. 06.05.2010 ; опубл. 10.09.2011, Бюл. № 25. – 2 с.
18. Пат. 2348170 Российская Федерация, МПК А 23 К 1/00. Способ проращивания зерна злаковых / Улько Н. В. [и др.] ; заявитель и патентообладатель Улько Н. В. [и др.]. – № 2007123918/13 ; заявл. 25.06.2007 ; опубл. 10.03.2009, Бюл. № 7. – 3 с.
19. Пат. 2524538 Российская Федерация, МПК А 23 К 1/00. Способ получения зеленого гидропонного корма / Злобина Е. Ю. [и др.] ; заявитель и патентообладатель Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции. – № 2012112762/13 ; заявл. 02.04.2012 ; опубл. 10.10.2013, Бюл. № 28. – 4 с.
20. Пат. 2327331 Российская Федерация, МПК А 01 С 7/00, А 23 К 1/00. Способ получения зеленых кормов / Цуциев Р. А. [и др.] ; заявитель и патентообладатель СевКавНИИ горного и предгорного сельского хозяйства – № 2006138395/12 ; заявл. 30.10.2006 ; опубл. 27.06.2008, Бюл. № 18. – 2 с.
21. Казина, В. В. Определение оптимальных режимов проращивания зеленых ростков пшеницы в пароконвекционном аппарате / В. В. Казина // Проблемы развития рынка товаров и услуг: перспективы и возможности субъектов РФ : сборник материалов II Всероссийской научно-практической конференции с международным участием / Сибирский федеральный университет. – Красноярск, 2016. – С. 134–140.
22. Казина, В. В. Разработка ресурсосберегающей технологии проращивания зерна пшеницы до зеленых ростков / В. В. Казина // Проспект Свободный–2016. Инновационные технологии индустрии питания : материалы научной конференции, посвященной Году образования в Содружестве Независимых Государств / Сибирский федеральный университет. – Красноярск, 2016. – С. 24–25.
23. Шнековая соковыжималка BORK S 600 / соковыжималка премиум [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.sokovyzhimalka-premium.ru/modelnyj-rjad/bork/bork-s600.html>. – Дата доступа: 15.01.2018.
24. Соковыжималка профессиональная Robot Coupe J 80 Ultra: технические параметры / Cool Expert // интернет-магазин Expert [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://coolexpert.ru/shop/index.php?action=show\\_info&id\\_goods=1430](https://coolexpert.ru/shop/index.php?action=show_info&id_goods=1430). – Дата доступа: 15.01.2018.
25. USDA Food Composition Databases [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ndb.nal.usda.gov/ndb>. – Дата доступа: 13.01.2018.

## References

1. Khan A.A. ed. *The Physiology and biochemistry of seed dormancy and germination*. 1st ed. Amsterdam, North-Holland, 1977. 478 p. (Russ. ed.: Nikolaeva M.G., Obrucheva N.V. *Fiziologiya i biokhimiya pokoya i prorastaniya semyan*. Moscow, Kolos Publ., 1982. 496 p.).
2. Kazakova T.D., Karpilenko G.P. *Biokhimiya zerna i khleboproduktov* [Biochemistry of grain and grain products]. St.Petersburg: GIORD Publ., 2005, pp. 332–345.
3. Kazakov E.D. *Osnovnyye svedeniya o zerne* [Basic information about grain]. Moscow: Spetstekhnika Publ., 1997. 144 p.

4. Kazakov E.D. *Ot zerna k khlebu* [From grain to bread]. Moscow: Agropromizdat Publ., 1975. 208 p.
5. Biryukova I.A. Prorostki – pishcha zhizni [Sprouts – food for life]. *Pensioner*, 2008, no. 3, pp. 17–20.
6. Egner P.A., Wang J.B., Zhu Y.R., et al. Chlorophyllin intervention reduces aflatoxin-DNA adducts in individuals at high risk for liver cancer. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2001, vol. 98(25), pp. 14601–14606. <https://doi.org/10.1073/pnas.251536898>.
7. Guo D., Schut H.A., Davis C.D., et al. Protection by chlorophyllin and indole-3-carbinol against 2-amino-1-methyl-6-phenylimidazo 4,5-b, pyridine (PhIP) – induced DNA adducts and colonic aberrant crypts in the F344 rat. *Carcinogenesis*, 1995, vol. 16(12), pp. 2931–2937. <https://doi.org/10.1093/carcin/16.12.2931>.
8. Pratt M.M., Reddy A.P., Hendricks J.D., et al. The importance of carcinogen dose in chemoprevention studies: quantitative interrelationships between, dibenzo[a,l] pyrene dose, chlorophyllin dose, target organ DNA adduct biomarkers and final tumor outcome. *Carcinogenesis*, 2007, vol. 28(3), pp. 611–624. <https://doi.org/10.1093/carcin/bgl174>.
9. Sarkar D., Sharma A., Talukder G. Chlorophyll and chlorophyllin as modifiers of genotoxic effects. *Mutation Research*. 1994, vol. 318(3), pp. 239–247. [https://doi.org/10.1016/0165-1110\(94\)90017-5](https://doi.org/10.1016/0165-1110(94)90017-5).
10. Solodnikov, S.Yu. Otsenka biologicheskikh svoystv soka iz rostkov pshenitsy. Razrabotka tekhnologii ego polucheniya [Assessment of biological properties of wheat grass juice. technology development for its production]. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv* [Food Processing: Techniques and Technology], 2015, no. 3, pp. 62–68.
11. Lai C.N., Dabney B., Shaw C. Inhibition of *in vitro* metabolic activation of carcinogens by wheat sprout extracts. *Nutrition and Cancer*, 1978, vol. 1(1), pp. 27–30. <https://doi.org/10.1080/01635587809513598>.
12. Lai C.N. Chlorophyll: The active factor in wheat sprout extract inhibiting the metabolic activation of carcinogens *in vitro*. *Nutrition and Cancer*, 1979, vol. 1(3), pp. 19–21. <https://doi.org/10.1080/01635587909513623>.
13. Chiu L.C., Kong C.K., Ooi V.E. The Chlorophyllin induced cell cycle arrest and apoptosis in human breast cancer MCF 7 cells is associated with ERK deactivation and Cyclin D1 depletion. *International Journal of Molecular Medicine*, 2005, vol. 16(4), pp. 735–740.
14. Payal Ch., Davinder K., Sunaina, et al. Wheat grass: a review on pharmacognosy and pharmacological aspects. *International Journal of Phytopharmacology*, 2015, vol. 6(2), pp. 80–85.
15. Chauhan M. A pilot study on wheat grass juice for its phytochemical, nutritional and therapeutic potential on chronic diseases. *International Journal of Chemistry Studies*, 2014, vol. 2(4), pp. 27–34.
16. Strannik A.A. *Sposob polucheniya napitka iz proroshchennykh zeren pshenitsy i napitok, poluchennykh etim sposobom* [Method for drink production from wheat sprouts and drink obtained using the method]. Patent RF, no. 2008141333/13, 2010.
17. Bibik I.V., Khizhnyak A.A. *Sposob polucheniya proroshchennogo zerna pshenitsy* [Wheat sprouts production method]. Patent RF, no. 2010118417/13, 2011.
18. Ul'ko N.V., Dubovoy B.L., Sochinskaya O.N., et al. *Sposob prorashchivaniya zerna zlakovykh* [Cereal grains sprouting method]. Patent RF, no. 2007123918/13, 2009.
19. Zlobina E.Yu., Osadchenko I.M., Gorlov I.F., et al. *Sposob polucheniya zelenogo gidroponnogo korma* [Green hydroponic fodder production method]. Patent RF, no. 2012112762/13, 2013.
20. Tsutsiyev R.A., Archegova K.M., Gazdanov A.U., et al. *Sposob polucheniya zelenykh kormov* [Green fodder production method]. Patent RF, no. 2006138395/12, 2008.
21. Kazina V.V. Opredeleniye optimal'nykh rezhimov prorashchivaniya zelenykh rostkov pshenitsy v parokonveksionnom apparate [Determination of wheat sprouting optimum conditions in the steam-convection apparatus]. *Sbornik materialov II Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem "Problemy razvitiya rynka tovarov i uslug: perspektivy i vozmozhnosti sub'yektov RF"* [Proceedings of 2nd All-Russian international applied research conference "Issues of goods and services market development: perspectives and possibilities for Russian regions"]. Krasnoyarsk, 2016, pp. 134–140.
22. Kazina V.V. Razrabotka resursosberegayushchey tekhnologii prorashchivaniya zerna pshenitsy do zelenykh rostkov [Development of resource saving technology for wheat sprouting up to green sprouts]. *Materialy nauchnoy konferentsii, posvyashchennoy Godu obrazovaniya v Sodruzhestve Nezavisimyykh Gosudarstv "Prospekt Svobodnyy-2016. Innovatsionnyye tekhnologii industrii pitaniya"* [Prospekt Svobodnyy-2016. Innovative technologies in food industry: proceedings of the scientific conference devoted to the Year of Education in CIS]. Krasnoyarsk, 2016, pp. 24–25.
23. *Shnekovaya sokovyzhimalka BORK S 600. Sokovyzhimalka premium* [Screw juice extractor BORK S 600. Premium class juice extractor]. Available at: <http://www.sokovyzhimalka-premium.ru/modelnyj-rjad/bork/bork-s600.html>. (accessed 15 January 2018).
24. *Sokovyzhimalka professional'naya Robot Coupe J 80 Ultra: tekhnicheskiye parametry* [Professional juice extractor Robot Coupe J 80 Ultra: specifications]. CoolExpert. Available at: [https://coolexpert.ru/shop/index.php?action=show\\_info&id\\_goods=1430](https://coolexpert.ru/shop/index.php?action=show_info&id_goods=1430). (accessed 15 January 2018).
25. *USDA Food Composition Databases*. Available at: <https://ndb.nal.usda.gov/ndb>. (accessed 13 January 2018).

**Казина Валентина Владимировна**

магистрант, ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», Торгово-экономический институт, 660075, Россия, г. Красноярск, ул. Л. Прушинской, 2, тел.: +7-983-155-32-83, e-mail: v.mutovina89@yandex.ru  
 <https://orcid.org/0000-0003-2861-5982>

**Valentina V. Kazina**

Undergraduate, Siberian Federal University, Institute of Economics and Trade, 2, L. Prushinsky Str., Krasnoyarsk, 660075, Russia, phone: +7-983-155-32-83, e-mail: v.mutovina89@yandex.ru  
 <https://orcid.org/0000-0003-2861-5982>

**Сафронова Татьяна Николаевна**

канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры технологии и организации общественного питания, ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», Торгово-экономический институт, 660075, Россия, г. Красноярск, ул. Л. Прушинской, 2, тел.: +7-923-296-50-02, e-mail: safronova63@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-6464-6837>

**Ермош Лариса Георгиевна**

д-р техн. наук, доцент, профессор кафедры технологии и организации общественного питания, ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», Торгово-экономический институт, 660075, Россия, г. Красноярск, ул. Л. Прушинской, 2, тел.: +7-913-535-34-94, e-mail: 2921220@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-0295-0777>

**Tatiana N. Safronova**

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Technology and Organization Catering, Siberian Federal University, Institute of Economics and Trade, 2, L. Prushinskoy Str., Krasnoyarsk, 660075, Russia, phone: +7-923-296-50-02, e-mail: safronova63@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-6464-6837>

**Larisa G. Ermosh**

Dr.Sci.(Eng.), Associate Professor, Professor of the Department of Technology and Organization Catering, Siberian Federal University, Institute of Economics and Trade, 2, L. Prushinskoy Str., Krasnoyarsk, 660075, Russia, phone: +7-913-535-34-94, e-mail: 2921220@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-0295-0777>



<https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-2-73-81>  
УДК 663.86:664.292

## ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ПЕКТИНА НА ИЗМЕНЕНИЕ ВЯЗКОСТИ И ОКРАСКИ НАПИТКОВ НА ОСНОВЕ НАТУРАЛЬНЫХ КРАСИТЕЛЕЙ В ПРОЦЕССЕ ХРАНЕНИЯ

М. Ю. Кукин 

Всероссийский научно-исследовательский институт пищевых добавок – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В. М. Горбатова» РАН, 191014, Россия, г. Санкт-Петербург, Литейный пр-т, 55

Дата поступления в редакцию: 12.04.2018  
Дата принятия в печать: 22.06.2018

e-mail: [vniiipakk55@mail.ru](mailto:vniiipakk55@mail.ru)



© М. Ю. Кукин, 2018

**Аннотация.** Производство пищевых продуктов, содержащих такие функциональные ингредиенты, как пектин и антоцианы, является на сегодняшний день особенно актуальным. Цель работы заключалась в изучении влияния высокоэтерифицированного пектина из яблок в дозировке 0,3 % на изменение вязкости и окраски напитков на основе вишневого сока и полученного из черной моркови антоцианового красителя, яблочного сока и сахарного колера IV в процессе хранения в отсутствие света при температуре  $(22 \pm 3)^\circ\text{C}$  в течение 180 суток. Оптическую плотность измеряли спектрофотометрическим методом при длине волны от 350 до 700 нм. В приготовленных напитках массовую долю сухих веществ довели сахарозой до  $(10,1 \pm 0,7)\%$ , pH для напитков на основе вишневого сока и полученного из черной моркови антоцианового красителя до 3,0, а для напитков на основе яблочного сока и сахарного колера IV – до 3,5. Показано, что пектин существенно не влияет на сохранность окраски напитков на основе вишневого сока и полученного из черной моркови антоцианового красителя, а антоциановый краситель из черной моркови более устойчив при хранении, чем краситель, содержащийся в вишневом соке. Цвет напитков на основе яблочного сока и сахарного колера IV без пектина при хранении почти не меняется. В видимой области спектра они имеют монотонный график изменения оптической плотности, и пектин вносит существенный вклад в итоговую окраску. Установлено, что за 180 суток хранения кинематическая вязкость напитков с пектином уменьшилась не более чем на 12 %, что свидетельствует о высокой сохранности пектина. По результатам исследований сделан вывод о том, что использование пектина для сохранения окраски напитков с натуральными красителями нецелесообразно. Имеет смысл использовать пектин с целью придания напиткам функциональных свойств, а также увеличения их вязкости и стабильности.

**Ключевые слова.** Пектин, напитки, хранение, вязкость, окраска, натуральные красители, антоцианы

**Для цитирования:** Кукин, М. Ю. Изучение влияния пектина на изменение вязкости и окраски напитков на основе натуральных красителей в процессе хранения / М. Ю. Кукин // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 2. – С. 73–81. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-2-73-81>.

## THE STUDY OF PECTIN INFLUENCE ON THE CHANGE IN VISCOSITY AND COLOR OF BEVERAGES WITH NATURAL COLOURANTS DURING STORAGE

M.Yu. Kukin 

All-Russian Research Institute for Food Additives – Branch of V.M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems of RAS, 55, Liteyny Ave., Saint Petersburg, 191014, Russia

Received: 12.04.2018  
Accepted: 22.06.2018

e-mail: [vniiipakk55@mail.ru](mailto:vniiipakk55@mail.ru)



© M.Yu. Kukin, 2018

**Abstract.** Production of functional foods containing such functional ingredients as pectin and anthocyanins is particularly important nowadays. The goal of the given research was to study the effect of high esterified pectin obtained from apples at a dosage of 0.3% on the changes of viscosity and color of drinks based on cherry juice and anthocyanin colourant obtained from black carrot, apple juice and sugar color IV during storage in a dark place at  $22 \pm 3^\circ\text{C}$  for 180 days. Optical density was measured using spectrophotometric method at a wavelength of 350 to 700 nm. Mass fraction of solid matter was adjusted using sucrose to reach  $10.1 \pm 0.7\%$ , pH for drinks based on cherry juice and anthocyanin colourant obtained from black carrot was adjusted to reach 3.0, and for drinks based on apple juice and sugar color IV – to reach 3.5 in the prepared beverages. The author shows that pectin does not have any significant effect on colour retention in drinks based on cherry juice and anthocyanin obtained from black carrot, and that anthocyanin colourant from black carrots is more stable during storage than the colourant that cherry juice contains. The color of the drinks based on apple juice and sugar color IV without pectin remains almost the same during storage. In the visible spectrum

region they have a monotonous graph of the change in optical density, and pectin makes a significant contribution to the final color. It is established that for 180 days of storage kinematic viscosity of the beverages with pectin decreased not more than 12%, that indicates a high level of pectin preservation. According to the results of the research, the author makes a conclusion that the use of pectin to preserve the color of beverages with natural colourants is not practical. It makes sense to use pectin in order to give the beverages functional properties, as well as to increase their viscosity and stability.

**Keywords.** Pectin, beverages, storage, viscosity, color, natural colourants, anthocyanins

**For citation:** Kukin M.Yu. The study of pectin influence on the change in viscosity and color of beverages with natural colourants during storage. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2018, vol. 48, no. 2, pp. 73–81 <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-2-73-81>.

## Введение

Наряду с ароматом, вкусом и текстурой цвет является одной из важнейших характеристик качества пищи. Он позволяет отличать свежие продукты от несвежих, добавляет привлекательности и значительно влияет на выбор продукта. Вследствие осознания биологических опасностей и потенциальных побочных эффектов химических веществ, входящих в состав ненатуральных красителей, растет потребительский спрос на экологически чистые продукты питания. Одной из тенденций развития пищевой промышленности является увеличение использования натуральных пищевых красителей (пигментов) вместо синтетических.

Доктрина продовольственной безопасности страны в качестве одной из приоритетных задач определила формирование в РФ индустрии здорового питания и увеличение производства обогащенных, диетических и функциональных пищевых продуктов. Доказан положительный эффект, оказываемый гидроколлоидами и значительной частью натуральных красителей на здоровье человека. Производство продуктов питания, не только удовлетворяющих потребности человека, но и имеющих определенную пищевую ценность, является на сегодняшний день особенно актуальным.

К настоящему времени расширяется ассортимент окрашенных натуральными красителями функциональных напитков, содержащих растворимые пищевые волокна в обогащающих дозировках. Значительное количество современных публикаций посвящено изучению напитков, содержащих пектин, в том числе имеется ряд сообщений о его стабилизирующих свойствах в отношении окраски и консистенции. Научная новизна настоящей работы заключается в том, что, хотя процессы взаимодействия антоциановых красителей с пектином освещаются в литературе достаточно широко, впервые публикуемые данные по изменению вязкости напитков, содержащих пектин, а также по сохранению пектина в напитках получены с достаточной точностью для того, чтобы как прогнозировать характер изменения физико-химических свойств напитков, так и оценивать характер и изменение степени влияния пектина на свойства антоциановых красителей в процессе длительного хранения. Практическая значимость настоящего исследования заключается в том, что рассматриваемые модельные напитки по содержанию красителей, сахара и pH среды

приближены к товарным, а результаты работы содержат точные количественные данные о сохранности как окраски напитков, так и пектина в процессе хранения. Эта информация может быть особенно полезна для пищевой промышленности при разработке продуктов с натуральными красителями и прогнозировании их сроков годности.

За красный, синий и фиолетовый цвет растительного сырья отвечают антоцианы, представляющие собой группу природных фенольных соединений. Антоцианы являются одним из наиболее часто используемых натуральных ингредиентов благодаря своему привлекательному цвету и широкому спектру биологических свойств. Они обладают антиоксидантным и противовоспалительным эффектами, способствуют снижению риска возникновения неврологических и сердечно-сосудистых заболеваний, рака, диабета и ожирения [1–3]. Успешное применение антоциановых красителей в значительной степени сдерживается их относительно низкой стабильностью по сравнению с синтетическими красителями. Большое внимание в литературе уделено изучению влияния внешних факторов (pH, температуры, света и кислорода) и взаимодействию с пищевыми ингредиентами, такими как сахара, аскорбиновая кислота и ферменты, на устойчивость антоцианов [1, 4–6]. Напротив, взаимодействие антоцианов с гидроколлоидами исследовано недостаточно.

При изучении влияния различных полисахаридов и сахаров на окраску антоцианов С. Е. Lewis с соавторами обнаружили, что интенсивность цвета (поглощение), но не длина волны, соответствующая максимуму спектра поглощения растворов различных антоцианов, уменьшается в присутствии амилозы, амилопектина, альфа- и бета-циклодекстринов, тогда как глюкоза, мальтоза и сахароза вызывают увеличение интенсивности цвета. При pH 4,0 эти изменения были более заметными, чем при pH 2,0. При увеличении pH также зафиксирован bathochromный сдвиг (увеличение длины волны, соответствующей максимуму поглощения). Влияние пектина на изменение интенсивности цвета было незначительным [7]. N. Bordenave с соавторами установили, что флавоноиды более склонны к химическим превращениям, таким как окислительная деградация, при pH выше 5 [8]. По результатам исследований, выполненных А. Fernandes с соавторами, в кислой среде для пектина наблюдается более сильное взаимодействие

с дельфинидин-3-О-глюкозидом, чем с цианидин-3-О-глюкозидом (для гемикетальной формы), что согласуется с теоретическими исследованиями [6].

В растительном сырье обычно содержится относительно большое количество аскорбиновой кислоты. J. A. Hernández-Herrero и J. Li с соавторами [9, 10] установили, что в пищевых продуктах она ускоряет деградацию антоциановых красителей. Это необходимо учитывать при создании продуктов, предназначенных для длительного хранения.

Так, в работе С. Chung и др. [11] изучено влияние гуммиарабика на стабильность растворов (рН 3,0) полученного из черной моркови антоцианового красителя в присутствии аскорбиновой кислоты при хранении на свету в течение пяти дней при температуре 40 °С. Внесение гуммиарабика в дозировке 1,5 % увеличивает период полураспада красителя с 2,24 до 5,25 дней. Дальнейшее увеличение дозировки (из-за изменения конформации молекул гуммиарабика) снижает сохранность антоцианов.

Деградация антоцианового красителя приводит к затуханию его цвета и потере биоактивности. С. Chung с соавторами [12] установили, что в условиях эксперимента свежесловичный и цитрусовый пектин в дозировке 1 % позволяют сохранить приблизительно по 40 % от первоначальной оптической плотности напитков. Термически денатурированный изолят сывороточного белка в дозировке 1 % обеспечивает сохранность приблизительно 70 %. В напитках без внесения стабилизирующих компонентов оптическая плотность составила 20 % от первоначальной.

М. Holzwarth с соавторами [13] утверждают, что при хранении в темном месте в течение 6 месяцев при температуре 20 °С различные виды пектина недостаточно эффективно защищают антоциановый краситель от разрушения. При анализе представленных данных выявлена недостаточная корреляция между степенью этерификации и амидирования пектина, а также источником сырья для его получения и сохранностью антоцианового красителя в джемах и спредах.

В работе [14] М. А. Poiana и соавторы делают вывод о том, что сохранение биоактивных соединений и окраски джемов из черной смородины зависит от типа пектина и его дозировки. Эффективность падает в ряду: амидированный, низкоэтерифицированный, высокоэтерифицированный пектин. Для дозировок от 0,3 до 1,0 % разница в сохранности цвета для различных типов пектина составляет не более 18 %.

Г. Е. Ibrahim с соавторами [15] показано, что добавление пектина к неосветленному яблочному соку стабилизирует его мутность и вязкость. При хранении сока в течение 14 дней при температуре 4 °С пектин в дозировке 0,3 % увеличил стабильность замутнения с 18 до 42 %, а при температуре 25 °С, соответственно, с 14 до 38 %. Фенольные соединения влияют не только на цвет, но также на горечь и терпкость яблочного сока. При

25 °С деградация фенолов уменьшилась с 67 % (без пектина) до 33 % (0,3 % пектина).

В различных работах влияние пектинов на повышение стабильности антоцианов оценивается по-разному, но даже при сопоставимых условиях (вид пектина, источник антоцианов, условия хранения и др.) нет единого мнения о степени их влияния. Вероятно, это связано с особенностями отдельных образцов антоциановых красителей и нюансами в постановке экспериментов у различных исследователей.

Целью настоящей работы является изучение влияния полученного из яблок высокоэтерифицированного пектина на изменение вязкости и окраски напитков на основе вишневого и яблочного соков, а также антоцианового красителя и сахарного колера в процессе длительного хранения при комнатной температуре.

### Объекты и методы исследования

Объектами исследования являлись пектин из яблок и технологические процессы изготовления обогащенных пектином сокодержавных напитков и напитков на основе натуральных красителей. При этом изучалось изменение их вязкости и окраски в процессе хранения. Об устойчивости красителей судили по изменению оптической плотности напитков.

Кинематическую вязкость определяли на капиллярном вискозиметре «ВПЖ-2» при температуре (25 ± 0,5) °С.

Определение рН проводили комбинированным электродом «ЭСК-10601/7» на портативном рН-метре марки «рН-410» с подключенным термокомпенсатором.

Оптическую плотность измеряли на сканирующем двухлучевом спектрофотометре Shimadzu UV-1800 с шагом 0,5 нм.

Массовую долю сухих веществ в напитках определяли рефрактометрическим (на рефрактометре «ИРФ-454БМ») и термогравиметрическими методами.

Использовали полученный из яблок высокоэтерифицированный пектин с гелеобразующей способностью 150 USA SAG, удовлетворяющий требованиям, предъявляемым к пищевой добавке E440 [16, 17].

Были приготовлены напитки на основе вишневого сока и соответствующего ему по цвету и химической природе антоцианового красителя (экстракт черной моркови «Black Carrot Extract 30» ENDEMIX), а также на основе яблочного сока «Rich 100 %» и соответствующего ему по цвету, но не по химической природе, натурального сахарного колера IV (E150 d). Вишневый сок был получен из замороженной вишни (хроматографическая проверка не выявила присутствие в данном образце вишни синтетических красителей). Для предотвращения гидролиза содержащегося в вишне протопектина и перехода пектина в сок была применена холодная экстракция. В промышленно выпускаемых осветленных соках, таких как

«Rich 100 %», не содержит пектин, что позволяет достоверно оценить действие дополнительно вносимого пектина.

Рецептуры сокосодержащих напитков подбирались исходя из их органолептических характеристик, а рецептуры напитков на основе натуральных красителей подбирались так, чтобы соответствовать сокосодержащим напиткам по pH (3,0 – для вишни и 3,5 – для яблока), цветности и массовой доле сухих веществ. Сахар в напитки добавляли с целью более точного моделирования процесса, поскольку известно, что он может влиять на устойчивость антоциановых красителей [18]. Требуемое значение pH устанавливали прибавлением растворов гидроксида натрия и лимонной кислоты. Пектин вносили в виде раствора. Использовали дистиллированную воду. Рецептуры напитков на основе натуральных соков и соответствующих им по цвету натуральных пищевых красителей представлены в табл. 1. Напитки нагревали на кипящей водяной бане до температуры 85 °С, горячими разливали в подготовленную тару, герметично закрывали и хранили в темном месте при температуре от

(22 ± 3) °С. Было приготовлено 40 образцов (по 5 образцов для каждой рецептуры напитка).

Вишневые напитки и напитки с антоциановым красителем при толщине слоя 10 мм (стандартная кювета для спектрофотометра) имели интенсивную окраску, поэтому перед определением оптической плотности их разбавляли дистиллированной водой в соотношении 1:10 (яблочные напитки и напитки с сахарным колером IV не разбавляли).

### Результаты и их обсуждение

Антоциановый краситель и сахарный колер IV являются натуральными красителями. Красный цвет вишни обусловлен именно антоциановым красителем. На рис. 1 и 2 представлены зависимости оптической плотности вишневого напитка с пектином, а также напитка с антоциановым красителем и пектином от длины волны и продолжительности хранения. На графиках видно, как по мере увеличения продолжительности хранения уменьшается оптическая плотность напитка. Это наиболее заметно при длине волны, соответствующей максимуму спектра поглощения.

Таблица 1 – Рецептуры напитков на основе натуральных соков и соответствующих им натуральных пищевых красителей (на 100 г)

Table 1 – The recipes of beverages based on natural juices and natural food colourants corresponding to them (per 100g)

№ п/п	Вишня без косточек, г	Экстракт черной моркови, мг	Яблочный сок «Rich 100 %», г	Сахарный колер IV E150 d, мг	Сахар-песок, г	Пектин, г	Итого сухих веществ, г на 100 г напитка
1	33,3	–	–	–	5,0	–	9,5
2	33,3	–	–	–	5,0	0,3	9,8
3	–	250	–	–	9,3	–	9,4
4	–	250	–	–	9,3	0,3	9,7
5	–	–	90,0	–	–	–	10,4
6	–	–	90,0	–	–	0,3	10,7
7	–	–	–	17,2	10,4	–	10,5
8	–	–	–	17,2	10,4	0,3	10,8

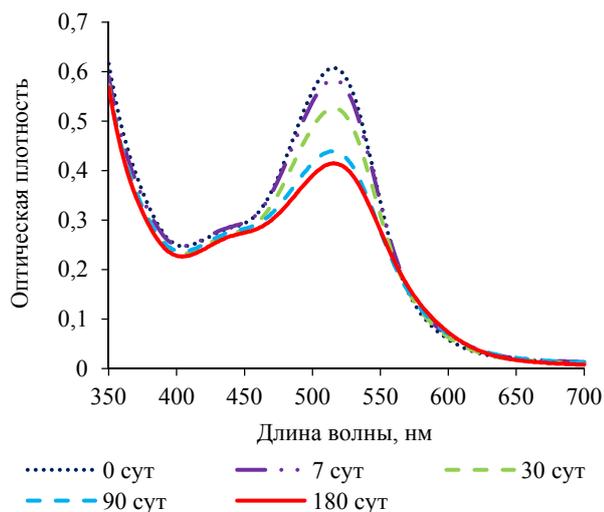


Рисунок 1 – Зависимость оптической плотности вишневого напитка с пектином (рецептура № 2) от длины волны и продолжительности хранения (разбавление 1:10)

Figure 1 – Dependence of optical density of cherry juice containing pectin (Recipe No. 2) on the wave length and storage period (dilution ratio 1:10)

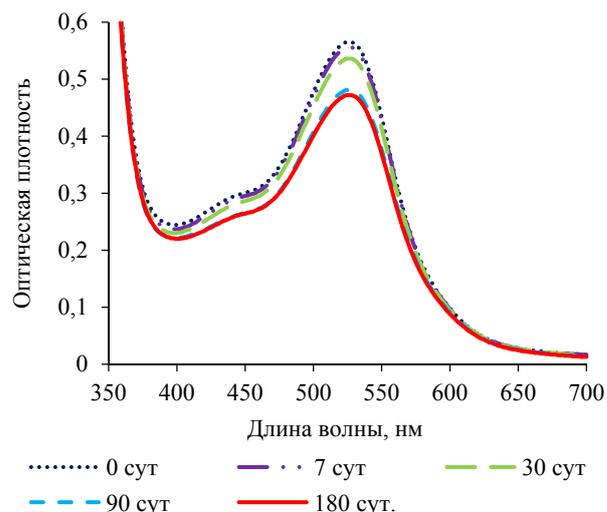


Рисунок 2 – Зависимость оптической плотности напитка с антоциановым красителем и пектином (рецептура № 4) от длины волны и продолжительности хранения (разбавление 1:10)

Figure 2 – Dependence of optical density of the beverage with anthocyanin colourant and pectin (Recipe No. 4) on the wave length and storage period (dilution ratio 1:10)

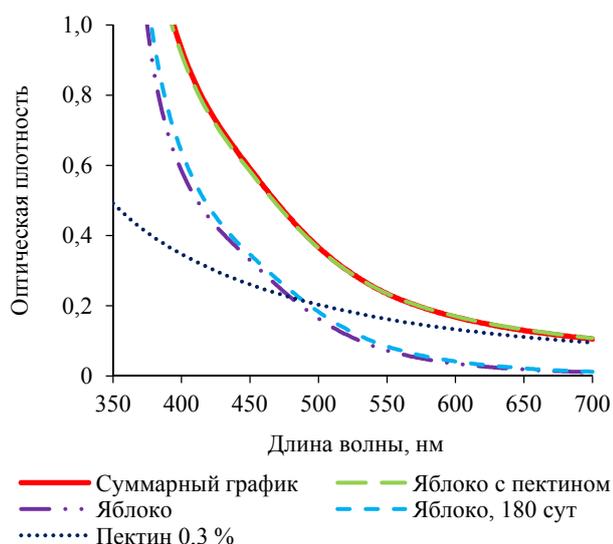


Рисунок 3 – Влияние пектина на изменение оптической плотности яблочных напитков (рецептуры № 5 и № 6)

Figure 3 – Influence of pectin on changes in optical density of apple beverages (Recipes No. 5 and 6)

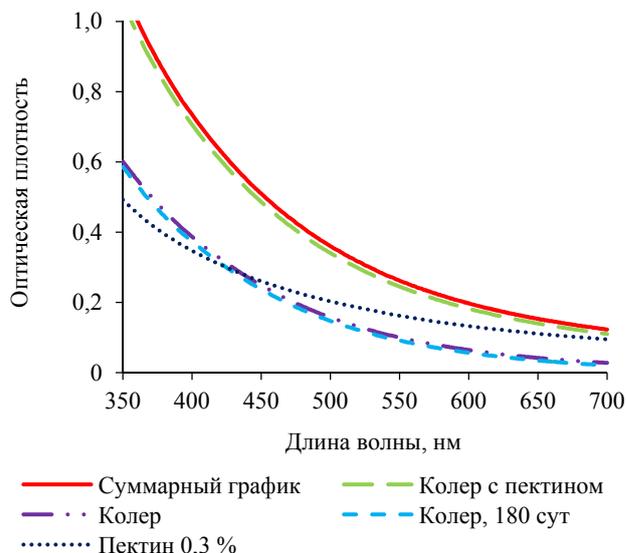


Рисунок 4 – Влияние пектина на изменение оптической плотности напитков с сахарным колером (рецептуры № 7 и № 8)

Figure 4 – Influence of pectin on changes in optical density of the beverages with sugar color (Recipes No. 7 and 8)

Графики, представленные на рис. 1 и 2, имеют почти одинаковую форму, что указывает на близость содержащегося в вишне антоцианового красителя к антоциановому красителю, полученному из черной моркови. Однако длина волны, соответствующая максимуму спектра поглощения, при pH 3,0 для вишни составляет  $(515,3 \pm 0,7)$  нм, а для черной моркови –  $(526,5 \pm 0,5)$  нм, что указывает на небольшую разницу в их оттенках при данном значении pH. Продолжительность хранения, а также наличие либо отсутствие пектина не оказывают существенного влияния на длину волны, соответствующую максимуму спектра поглощения вишневого напитка ( $\pm 0,7$  нм) и напитка на основе экстракта черной моркови ( $\pm 0,5$  нм), следовательно, в процессе хранения оттенок этих напитков не меняется. Вклад пектина в итоговую окраску этих напитков незначителен и им можно пренебречь.

Сахарный колер IV и содержащийся в яблоках пигмент принадлежат к разным группам красителей, но в видимой области спектра они оба имеют монотонный график изменения оптической плотности. Пектин вносит существенный вклад в итоговую окраску этих напитков. В видимой области спектра оптическая плотность напитков без пектина (рецептуры № 5 и № 7) в течение 180 суток хранения изменилась не более чем на 0,02. На рис. 3 показан вклад, вносимый пектином в итоговую окраску яблочных напитков. Суммарный график был получен путем автоматического сложения в программе MS Excel значений оптической плотности яблочного напитка без пектина (рецептура № 5) и чистого водного раствора пектина с массовой долей 0,3 %. Этот график почти полностью совпадает с графиком для яблочного напитка с пектином (рецептура № 6).

Вклад, вносимый пектином в итоговую окраску напитков с сахарным колером IV, показан на рис. 4.

Суммарный график почти полностью совпадает с графиком для напитка с сахарным колером и пектином (№ 8).

Сопоставив данные, представленные на рис. 3 и 4, можно сделать вывод о том, что пектин вносит заметный вклад в итоговую окраску напитков на основе яблочного сока и сахарного колера IV, но он не влияет на сохранность красящих веществ этих напитков в процессе хранения. Решающим фактором является обесцвечивание самого пектина.

Для напитков на основе вишневого сока и антоцианового красителя с пектином и без пектина обобщенные данные по зависимости оптической плотности, соответствующей максимуму спектра поглощения, от продолжительности хранения напитков представлены на рис. 5. Из этих графиков следует, что пектин не оказывает существенного влияния на сохранность окраски таких напитков в процессе хранения (разность между оптической плотностью напитка с пектином и без пектина в начальный момент и после 180 суток хранения примерно одинакова). Оптическая плотность для напитков с экстрактом черной моркови в процессе хранения снижается в меньшей степени, чем для вишневых напитков, следовательно, антоциановый краситель из черной моркови более устойчив при хранении, чем краситель, содержащийся в вишневом соке. В отличие от напитков на основе яблочного сока и сахарного колера, вклад пектина в итоговую окраску вишневого напитка и напитка с экстрактом черной моркови незначителен.

Обобщенные данные по зависимости оптической плотности напитков на основе яблочного сока и сахарного колера IV от продолжительности хранения представлены на рис. 6 при длине волны 500 нм.

В процессе хранения напитков без пектина оптическая плотность яблочного напитка при длине волны 500 нм увеличилась на 0,02, что, вероятно,

связано с неферментативным потемнением, а для напитка с сахарным колером – уменьшилась на 0,01. В целом такое изменение окраски можно считать незначительным и не требующим введения в напиток компонентов, стабилизирующих окраску.

На протяжении всего срока годности напиток должен сохранять не только свой цвет, но и консистенцию, поэтому было изучено влияние высокоэтерифицированного пектина из яблок на изменение вязкости напитков в процессе хранения.

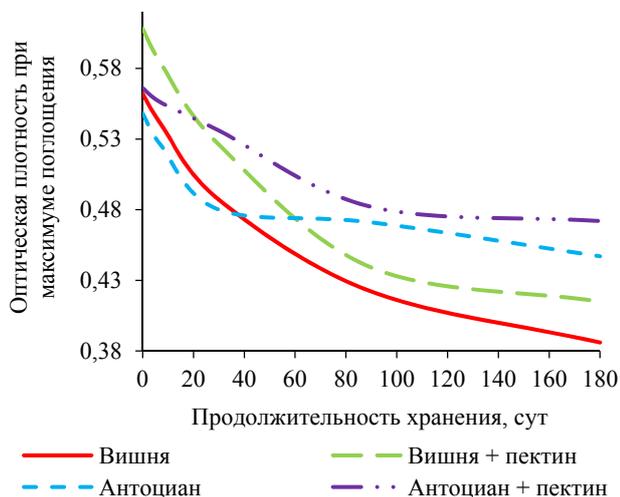


Рисунок 5 – Зависимость оптической плотности, соответствующей максимуму спектра поглощения, от продолжительности хранения напитков на основе вишневого сока и антоцианового красителя с пектином и без пектина (рецептуры № 1–4; разбавление 1:10)

Figure 5 – Dependence of optical density, corresponding to the maximum of absorption spectrum, on storage period of the beverages based on cherry juice and anthocyanin colourant with and without pectin (Recipes No. 1–4; dilution ratio 1:10)

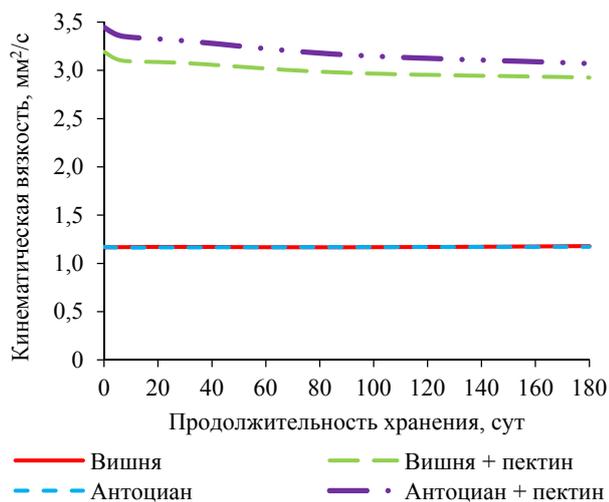


Рисунок 7 – Влияние пектина на изменение кинематической вязкости напитков на основе вишневого сока (рецептура № 1) и антоцианового красителя (рецептура № 3) без пектина и, соответственно, с пектином (рецептуры № 2 и № 4) в зависимости от продолжительности хранения

Figure 7 – Influence of pectin on changes in kinetic viscosity of the beverages based on cherry juice (Recipe No. 1) and anthocyanin colourant (Recipe No. 3) without pectin and, accordingly, with pectin (Recipes No. 2 and No. 4) depending on storage period

Для напитков с пектином изменение вязкости само по себе имеет большое значение, но также оно позволяет судить об устойчивости (сохранности) введенного пектина в процессе хранения. Зависимость кинематической вязкости напитков на основе вишневого и яблочного соков, антоцианового красителя и сахарного колера IV с пектином и без пектина от продолжительности хранения представлена на рис. 7 и 8.

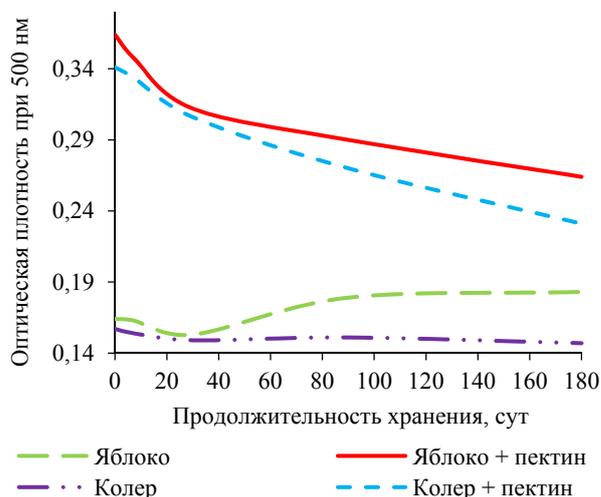


Рисунок 6 – Зависимость оптической плотности при длине волны 500 нм от продолжительности хранения напитков на основе яблочного сока и сахарного колера IV с пектином и без пектина (рецептуры № 5–8)

Figure 6 – Dependence of optical density at wave length 500nm on storage period of the beverages based on apple juice and sugar colourant IV with and without pectin (Recipes No. 5–8)

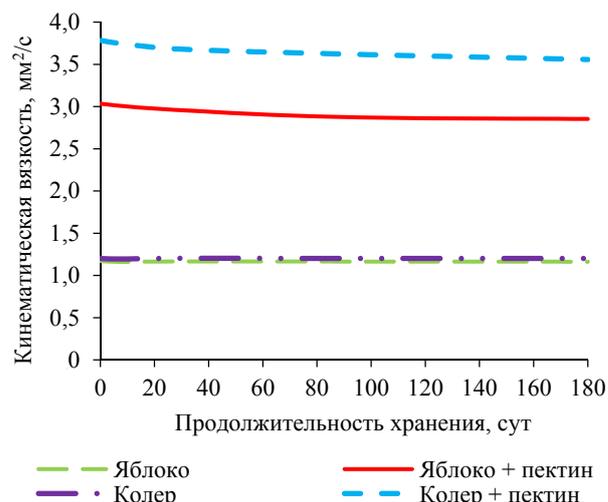


Рисунок 8 – Влияние пектина на изменение кинематической вязкости напитков на основе яблочного сока (рецептура № 5) и сахарного колера (рецептура № 7) без пектина и, соответственно, с пектином (рецептуры № 6 и № 8) в зависимости от продолжительности хранения

Figure 8 – Influence of pectin on changes in kinetic viscosity of the beverages based on apple juice (Recipe No. 5) and sugar colourant (Recipe No. 7) without pectin and, accordingly, with pectin (Recipes No. 6 and No. 8) depending on storage period

Из представленных на рис. 7 и 8 графиков следует, что за 180 суток хранения вязкость напитков с пектином уменьшилась не более чем на 12 %, что свидетельствует о высокой сохранности пектина. Несмотря на то, что массовая доля сухих веществ и pH сокодержательных напитков соответствовали таковым у модельных напитков с красителями, их вязкость была несколько ниже, чем у модельных напитков (в среднем на 0,5 мм<sup>2</sup>/с), что, вероятно, обусловлено взаимодействием компонентов сока с введенным пектином. Кинематическая вязкость напитков без пектина (рецептуры № 1, № 3, № 5 и № 7) в процессе хранения не изменилась и составила от 1,16 до 1,20 мм<sup>2</sup>/с.

### Выводы

В результате обобщения представленных результатов был сделан вывод о том, что введение пектина в рассматриваемые напитки с целью стабилизации их окраски в процессе хранения

нецелесообразно, поскольку пектин не оказывает заметного влияния на сохранность натуральных красящих веществ. Дегустационная оценка показала, что в дозировке 0,3 % пектин не оказывает существенного влияния на потребительские свойства напитков. Согласно рекомендуемым уровням потребления пищевых и биологически активных веществ адекватный уровень потребления пектина составляет 2 г/сут [19], что, согласно принципам обогащения пищевых продуктов, соответствует для безалкогольных напитков дозировке пектина от 0,1 до 0,3 % [20] и позволяет считать использованную дозировку 0,3 % обогащающей. Пектин является функциональным ингредиентом и в напитках длительное время сохраняет свои свойства, поэтому имеет смысл использовать его с целью придания напиткам функциональных свойств, а также увеличения их вязкости и стабильности (для замутненных напитков).

### Список литературы

1. Black bean coats: New source of anthocyanins stabilized by  $\beta$ -cyclodextrin copigmentation in a sport beverage / Y. Aguilera [et al.] // Food Chemistry. – 2016. – Vol. 212. – P. 561–570. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.06.022>.
2. Polyphenol-rich blackcurrant extract prevents inflammation in diet-induced obese mice / T. Benn [et al.] // The Journal of Nutritional Biochemistry. – 2014. – Vol. 25, № 10. – P. 1019–1025. <https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2014.05.008>.
3. Anthocyanins from fruit juices improve the antioxidant status of healthy young female volunteers without affecting anti-inflammatory parameters: results from the randomised, double-blind, placebo-controlled, cross-over ANTHONIA (Anthocyanins in Nutrition Investigation Alliance) study / S. Kuntz [et al.] // British Journal of Nutrition. – 2014. – Vol. 112, iss. 6. – P. 925–936. <https://doi.org/10.1017/S0007114514001482>.
4. Effect of stevia and citric acid on the stability of phenolic compounds and *in vitro* antioxidant and antidiabetic capacity of a roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) beverage / I. F. Perez-Ramirez [et al.] // Food Chemistry. – 2015. – Vol. 172. – P. 885–892. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.09.126>.
5. Impact of pectin type on the storage stability of black currant (*Ribes nigrum* L.) anthocyanins in pectic model solutions / M. Buchweitz [et al.] // Food chemistry. – 2013. – Vol. 139 (1–4). – P. 1168–1178. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.02.005>.
6. Understanding the molecular mechanism of anthocyanin binding to pectin / A. Fernandes [et al.] // Langmuir. – 2014. – Vol. 30 (28). – P. 8516–8527. <https://doi.org/10.1021/la501879w>.
7. Lewis, C. E. Effect of polysaccharides on the colour of anthocyanins / C. E. Lewis, J. R. L. Walker, J. E. Lancaster // Food Chemistry. – 1995. – Vol. 54, iss. 3. – P. 315–319. [https://doi.org/10.1016/0308-8146\(95\)00026-F](https://doi.org/10.1016/0308-8146(95)00026-F).
8. Bordenave, N. Nature and consequences of non-covalent interactions between flavonoids and macronutrients in foods / N. Bordenave, B. R. Hamaker, M. G. Ferruzzi // Food & Function. – 2014. – Vol. 5 (1). – P. 18–34. <https://doi.org/10.1039/c3fo60263j>.
9. Hernandez-Herrero, J. A. Influence of rutin and ascorbic acid in colour, plum anthocyanins and antioxidant capacity stability in model juices / J. A. Hernandez-Herrero, M. J. Frutos // Food Chemistry. – 2015. – Vol. 173. – P. 495–500. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.10.059>.
10. Degradation kinetics of anthocyanins from purple sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) as affected by ascorbic acid / J. Li [et al.] // Food Science and Biotechnology. – 2014. – Vol. 23 (1). – P. 89–96. <https://doi.org/10.1007/s10068-014-0012-9>.
11. Enhancement of colour stability of anthocyanins in model beverages by gum arabic addition / C. Chung [et al.] // Food Chemistry. – 2016. – Vol. 201. – P. 14–22. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.01.051>.
12. Enhanced stability of anthocyanin-based color in model beverage systems through whey protein isolate complexation / C. Chung [et al.] // Food Research International. – 2015. – Vol. 76. – P. 761–768. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.07.003>.
13. Influence of different pectins, process and storage conditions on anthocyanin and colour retention in strawberry jams and spreads / M. Holzwarth [et al.] // LWT – Food Science and Technology. – 2013. – Vol. 52, iss. 2. – P. 131–138. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.05.020>.
14. Assessing the effects of different pectins addition on color quality and antioxidant properties of blackberry jam / M. A. Poiana [et al.] // Chemistry Central Journal. – 2013. – Vol. 7 (1). – P. 121. <https://doi.org/10.1186/1752-153X-7-121>.
15. Effect of clouding agents on the quality of apple juice during storage / G. E. Ibrahim [et al.] // Food Hydrocolloids. – 2011. – Vol. 25, iss. 1. – P. 91–97. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2010.05.009>.
16. Combined Compendium of Food Additive Specifications. Vol. I, Vol. 4: Analytical methods, test procedures and laboratory solutions used by and referenced in food additive specifications. – Rome : Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2006.

17. Кукин, М. Ю. Усовершенствование технологии получения пектина из яблок / М. Ю. Кукин // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». – 2017. – № 2 (32). – С. 9–17.
18. Смирнов, Е. В. Пищевые красители. Справочник / Е. В. Смирнов. – СПб. : Профессия, 2009. – 346 с.
19. МР 2.3.1.1915-04. Рекомендуемые уровни потребления пищевых и биологически активных веществ. – Введ. 02.07.2014. – М. : Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России. – 48 с.
20. Спиричев, В. Б. Обогащение пищевых продуктов витаминами и минеральными веществами. Наука и технология / В. Б. Спиричев, Л. Н. Шатнюк, В. М. Позняковский ; под общ. ред. В. Б. Спиричева. – 2-е изд. – Новосибирск : Сибирское университетское издательство, 2005. – 548 с.

## References

1. Aguilera Y., Mojica L., Rebollo-Hernanz M., et al. Black bean coats: New source of anthocyanins stabilized by  $\beta$ -cyclodextrin copigmentation in a sport beverage. *Food chemistry*, 2016, vol. 212, pp. 561–570. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.06.022>.
2. Benn T., Kim B., Park Y.K., et al. Polyphenol-rich blackcurrant extract prevents inflammation in diet-induced obese mice. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 2014, vol. 25(10), pp. 1019–1025. <https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2014.05.008>.
3. Kuntz S., Kunz C., Herrmann J., et al. Anthocyanins from fruit juices improve the antioxidant status of healthy young female volunteers without affecting anti-inflammatory parameters: results from the randomised, double-blind, placebo-controlled, cross-over ANTHONIA (Anthocyanins in Nutrition Investigation Alliance) study. *British Journal of Nutrition*, 2014, vol. 112(6), pp. 925–936. <https://doi.org/10.1017/S0007114514001482>.
4. Pérez-Ramírez I.F., Castaño-Tostado E., Ramírez-de León J.A., Rocha-Guzmán N.E., Reynoso-Camacho R. Effect of stevia and citric acid on the stability of phenolic compounds and *in vitro* antioxidant and antidiabetic capacity of a roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) beverage. *Food Chemistry*, 2015, vol. 172, pp. 885–892. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.09.126>.
5. Buchweitz M., Speth M., Kammerer D.R., Carle R. Impact of pectin type on the storage stability of black currant (*Ribes nigrum* L.) anthocyanins in pectic model solutions. *Food Chemistry*, 2013, vol. 139(1–4), pp. 1168–1178. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.02.005>.
6. Fernandes A., Brás N.F., Mateus N., de Freitas V. Understanding the molecular mechanism of anthocyanin binding to pectin. *Langmuir*, 2014, vol. 30(28), pp. 8516–8527. <https://doi.org/10.1021/la501879w>.
7. Lewis C.E., Walker J.R., Lancaster J.E. Effect of polysaccharides on the colour of anthocyanins. *Food Chemistry*, 1995, vol. 54(3), pp. 315–319. [https://doi.org/10.1016/0308-8146\(95\)00026-F](https://doi.org/10.1016/0308-8146(95)00026-F).
8. Bordenave N., Hamaker B.R., Ferruzzi M.G. Nature and consequences of non-covalent interactions between flavonoids and macronutrients in foods. *Food & Function*, 2014, vol. 5(1), pp. 18–34. <https://doi.org/10.1039/c3fo60263j>.
9. Hernández-Herrero J.A., Frutos M.J. Influence of rutin and ascorbic acid in colour, plum anthocyanins and antioxidant capacity stability in model juices. *Food Chemistry*, 2015, vol. 173, pp. 495–500. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.10.059>.
10. Li J., Song H., Dong N., Zhao G. Degradation kinetics of anthocyanins from purple sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) as affected by ascorbic acid. *Food Science and Biotechnology*, 2014, vol. 23(1), pp. 89–96. <https://doi.org/10.1007/s10068-014-0012-9>.
11. Chung C., Rojanasasithara T., Mutilangi W., McClements D.J. Enhancement of colour stability of anthocyanins in model beverages by gum arabic addition. *Food Chemistry*, 2016, vol. 201, pp. 14–22. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.01.051>.
12. Chung C., Rojanasasithara T., Mutilangi W., McClements D.J. Enhanced stability of anthocyanin-based color in model beverage systems through whey protein isolate complexation. *Food Research International*, 2015, vol. 76, pp. 761–768. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.07.003>.
13. Holzwarth M., Korhummel S., Siekmann T., Carle R., Kammerer D.R. Influence of different pectins, process and storage conditions on anthocyanin and colour retention in strawberry jams and spreads. *LWT – Food Science and Technology*, 2013, vol. 52(2), pp. 131–138. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.05.020>.
14. Poiana M.A., Munteanu M.F., Bordean D.M., Gligor R., Alexa E. Assessing the effects of different pectins addition on color quality and antioxidant properties of blackberry jam. *Chemistry Central Journal*, 2013, vol. 7(1), p. 121. <https://doi.org/10.1186/1752-153X-7-121>.
15. Ibrahim G.E., Hassan I.M., Abd-Elrashid A.M., et al. Effect of clouding agents on the quality of apple juice during storage. *Food Hydrocolloids*, 2011, vol. 25, iss. 1, pp. 91–97. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2010.05.009>.
16. *Combined Compendium of Food Additive Specifications*. Monographs 1, Vol. I, Vol. 4 – Analytical methods, test procedures and laboratory solutions used by and referenced in food additive specifications. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2006.
17. Kukin M.Yu. Usovershenstvovaniye tekhnologii polucheniya pektina iz yablok [Improvement of pectin production technology from apples]. *Nauchnyy zhurnal NIU ITMO. Seriya "Protsessy i apparaty pishchevykh proizvodstv"* [ITMO University Scientific journal], 2017, vol. 2, no. 32, pp. 9–17.
18. Smirnov E.V. *Pishchevyye krasiteli. Spravochnik* [Food colorants. Reference book]. St.Petersburg: Professiya Publ., 2009. 346 p.
19. МР 2.3.1.1915-04. Rekomenduyemyye urovni potrebleniya pishchevykh i biologicheskii aktivnykh veshchestv [Guidelines 2.3.1.1915-04. Recommended levels of food and biologically active substances consumption]. Moscow, Federal'nyy tsentr gossanepidnadzora Minzdrava Rossii Publ., 2004. 48 p.
20. Spirichev V.B., Shatnyuk L.N., Poznyakovskiy V.M. *Obogashcheniye pishchevykh produktov vitaminami i mineral'nymi veshchestvami. Nauka i tekhnologiya* [Food enrichment with vitamins and mineral substances. Science and technology]. Novosibirsk: Sibirskoye universitetskoye izdatel'stvo Publ., 2005. 548 p.

**Кукин Михаил Юрьевич**

канд. техн. наук, младший научный сотрудник лаборатории техники и технологии переработки продуктов биосинтеза, Всероссийский научно-исследовательский институт пищевых добавок – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В. М. Горбатова» РАН, 191014, Россия, г. Санкт-Петербург, Литейный пр-т, 55, тел.: +7 (812) 273-75-24, e-mail: mk-1980@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-1722-4644>

**Mikhail Yu. Kukin**

Cand.Sci.(Eng.), Junior Researcher of the Laboratory of Biosynthesis Products Processing Technics and Technology, All-Russian Research Institute for Food Additives – Branch of V.M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of RAS, 55, Liteyny Ave., St. Petersburg, 191014, Russia, phone: +7 (812) 273-75-24, e-mail: mk-1980@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-1722-4644>



## ВЫБОР ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПОЛУЧЕНИЯ СБИВНЫХ ИЗДЕЛИЙ БЕЗ ЯИЧНОГО БЕЛКА

Г. О. Магомедов<sup>1</sup> , Л. А. Лобосова<sup>1, \*</sup> , С. А. Рожков<sup>2</sup> , Н. А. Селина<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий»,  
394036, Россия, г. Воронеж, пр-т Революции, 19

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Воронежский государственный медицинский университет им. Н. Н. Бурденко»,  
394036, Россия, г. Воронеж, ул. Студенческая, 10

Дата поступления в редакцию: 27.02.2018

Дата принятия в печать: 21.05.2018

\*e-mail: lobosova63@mail.ru



© Г. О. Магомедов, Л. А. Лобосова, С. А. Рожков, Н. А. Селина, 2018

**Аннотация.** Перспективным и актуальным является разработка новых видов функциональных сбивных кондитерских изделий типа суфле с заменой белков животного происхождения на растительные. Авторами предложено ввести в рецептурный состав сбивного изделия пшеничную муку высшего сорта, в качестве обогащающей добавки – цедру лимона. Экспериментальные исследования проводились в лабораторных условиях кафедры технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств ВГУИТ. Сбивное изделие получали на экспериментальной сбивальной установке, разработанной сотрудниками кафедры. Обоснован выбор рецептурных компонентов. Оптимальные режимы приготовления сбивного изделия (состав: мука пшеничная высшего сорта, вода, кислота лимонная, агар, сахар белый, патока, цедра лимона) выбирали с помощью экспериментально-статистического подхода. Основными параметрами получения являются: продолжительность сбивания, с; частота вращения месильных органов, мин<sup>-1</sup>, выходной параметр – объемная масса получившегося изделия, г/см<sup>3</sup>. В результате получены: продолжительность сбивания массы  $x_1 = 379 \text{ с}^{-1}$ , частота оборотов месильных органов  $x_2 = 651 \text{ мин}^{-1}$ . Определены показатели качества готового сбивного изделия. Оно обладает хорошей формоудерживающей способностью; структура – равномерная, мелкопористая; цвет – слегка кремовый; вкус – с легким привкусом лимонной цедры; массовая доля сухих веществ – 76 %; плотность – 0,43 г/см<sup>3</sup>. Полученное изделие обладает оригинальными органолептическими показателями, повышенной пищевой ценностью, из рецептурного состава исключены красители и ароматизаторы. Его можно рекомендовать не только людям, страдающим непереносимостью яичного белка, но и всем категориям потребителей.

**Ключевые слова.** Сбивные изделия типа суфле, агар, оптимизация, технологические параметры, мука пшеничная

**Для цитирования:** Выбор оптимальных параметров получения сбивных изделий без яичного белка / Г. О. Магомедов [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 2. С. 82–88. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-2-82-88>.

## SELECTION OF OPTIMAL PARAMETERS FOR OBTAINING WHIPPED PRODUCTS FROM EGG WHITES

G.O. Magomedov<sup>1</sup> , L.A. Lobosova<sup>1, \*</sup> , S.A. Rozhkov<sup>2</sup> , N.A. Selina<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Voronezh State University of Engineering Technologies,  
19, Revolutsii Ave., Voronezh, 394036, Russia

<sup>2</sup>N.N. Burdenko Voronezh State Medical University,  
10, Studencheskaya Str., Voronezh, 394036, Russia

Received: 27.02.2018

Accepted: 21.05.2018

\*e-mail: lobosova63@mail.ru



© G.O. Magomedov, L.A. Lobosova, S.A. Rozhkov, N.A. Selina, 2018

**Abstract.** Development of new types of functional whipped confectionery of soufflé type in which animal proteins are replaced with vegetable ones is promising and of high priority. The author proposed to introduce top grade wheat flour into the recipe of the whipped product and lemon zest as an enriching additive. Experimental studies were carried out under laboratory conditions of the department of technology of bakery, confectionery, macaroni and grain processing industries of Voronezh State University of Engineering Technologies. The whipped product was obtained using an experimental whipping device developed by the staff of the department. The author justified the choice of the components in the recipe. The optimum modes of obtaining the whipped product which includes top grade wheat flour, water, citric acid, agar, white sugar, molasses, and lemon zest were selected using the experimental-statistical approach. The main cooking parameters are the duration of whipping (seconds); rotation frequency of the whipping parts (minutes<sup>-1</sup>), an output parameter (the volume weight of the final product, g/cm<sup>3</sup>). The results are the following: duration of the mass whipping  $x_1 = 379 \text{ s}^{-1}$ , rotation speed of the whipping parts  $x_2 = 651 \text{ min}^{-1}$ . The author determined quality indicators of the final whipped product. It has a good form-retaining ability, uniform and fine-porous structure, slightly creamy color,

and slight taste of lemon zest. Mass fraction of dry matter is 76%, density – 0.43 g/cm<sup>3</sup>. The obtained product has original organoleptic parameters and higher nutritional value. The author did not include any food color additives and flavoring agents. For that reason the product can be recommended not only to people suffering from egg white intolerance, but also to all categories of consumers.

**Keywords.** Souffle type whipped products, agar, optimization, production parameters, wheat flour

**For citation:** Magomedov G.O., Lobosova L.A., Rozhkov S.A., Selina N.A. Selection of optimal parameters for obtaining whipped products from egg whites. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2018, vol. 48, no. 2, pp. 82–88 (In Russ.). <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-2-82-88>.

### Введение

В Стратегии повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года, принятой Правительством РФ 29.06.2016 (распоряжение N 1364-р), говорится о стимулировании развития производства и обращения на рынке пищевой продукции надлежащего качества. Потребление пищевой продукции низкого качества, в том числе за счет ее высокой энергетической и низкой пищевой ценности, потребления избыточного количества насыщенных жиров, дефицита пищевых волокон, микронутриентов снижает качество жизни и ведет к возникновению ряда серьезных заболеваний [1].

Поэтому важнейшей составляющей укрепления здоровья человека является выпуск продукции высокого качества, обогащенной полезными физиологически функциональными ингредиентами: витаминами, пищевыми волокнами, минеральными веществами, полноценным белком [2].

Рынок кондитерских изделий сложен из-за высокой конкуренции. Большой популярностью пользуются изделия пенной структуры (зефир, пастила) [3].

Зефир рекомендован Федеральным исследовательским центром питания, биотехнологии и безопасности пищи (ранее Институт питания РАМН). В рецептурный состав зефира входит яичный белок, но есть категория людей, страдающая непереносимостью яичных белков.

Аллергия на яичный белок или на куриные яйца полностью – патология, затрагивающая 10 людей из 100. Заболевание поражает детей и взрослых, причем с точки зрения современной медицины аллергия на куриные яйца бывает ответом не только на индивидуальные особенности организма, но и общее ухудшение экологии.

Аллергическая реакция – ответ иммунной системы на повторные поступления антигена. В данном случае это альбумин – белок. Вещество является сильнейшим аллергеном, заставляющим вырабатывать организм человека огромное количество иммуноглобулинов [4, 5].

Поэтому учеными ведутся работы по изысканию новых видов растительного сырья, которые могли бы заменить яичный белок при получении зефира.

Анализ научных публикаций говорит о том, что ассортимент пастильных изделий расширяется, так как используются новые сырьевые ресурсы и технологии.

Для снижения расхода яичного белка разработан способ получения сбивных кондитерских масс, где пенообразователем является белковый изолят подсолнечника в количестве 13–15 % от массы яичного белка [6].

Учеными Орловского государственного технического университета предложено исключить из рецептурного состава зефира яичный белок, пектин, глюкозу, молочную кислоту. Для стабилизации процесса пенообразования и интенсификации структурообразования вносится молочная сыворотка, желатин, двууглекислый натрий [7].

Для экономии сырья за счет сокращения расхода яичного белка, ускорения процесса, повышения качества изделий разработан способ производства зефира, в котором используют сухие яичный альбумин и пшеничную клейковину в соотношении 7:3. При этом сухую пшеничную клейковину вносят в нагретую до кипения яблочно-пектиновую смесь, а сбивание массы производят до увеличения объема в 2–2,5 раза [8].

Ученые В. В. Румянцева и Н. М. Ковач доказали целесообразность использования набухшего биомодифицированного продукта ячменя взамен яичного белка в рецептурном составе зефира [9].

Существует способ получения зефира, в котором предложено применять пенообразователь – смесь яичного и соевого белков. Обеспечивается получение зефира с равномерной структурой и консистенцией, с равномерными формами в объеме партии [10].

Таким образом, учеными активно ведутся исследования, формирующие качество и безопасность функциональных пастильных кондитерских изделий. Ассортимент новой продукции учитывает ее потребление даже людьми, страдающими определенными алиментарными заболеваниями [11].

Целью данного исследования является разработка технологии сбивного кондитерского изделия типа суфле на агаре, без добавления яичного белка, выбор оптимальных режимов его приготовления.

Для достижения цели поставлены следующие задачи:

- осуществить анализ научной литературы, в которой рассматриваются вопросы совершенствования ассортимента сбивных кондитерских изделий, в частности при замене яичного белка на другие пенообразователи;
- выбрать оптимальные режимы производства;
- определить показатели качества разработанного изделия.

### Объекты и методы исследования

Объектами исследования явились сырье, сбивное кондитерское изделие типа суфле.

Для приготовления сбивного изделия применяли сырье: муку пшеничную хлебопекарную высшего сорта, сахар белый, агар, патоку крахмальную, кислоту лимонную, цедру лимонную, воду дистиллированную.

Исследования проводили в лабораториях кафедры технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств ВГУИТ, ОАО «Хлебозавод № 7» (филиал кафедры ТХКМЗП ВГУИТ).

Применяли общепринятые органолептические, химические и физические методы исследования.

Внешний вид, вкус, цвет, запах, консистенция, форму, поверхность, вид в изломе изделий определяли органолептически (ГОСТ 5897-90); массовую долю сухих веществ в сырье, полуфабрикатах и изделиях – рефрактометрическим методом (ГОСТ 5900-2014) с помощью рефрактометра ИРФ-454 Б2М (Россия); массовую долю редуцирующих веществ – феррицианидным методом (ГОСТ 5903-89); плотность сбивного изделия – на приборе Сосновского (Россия) (ГОСТ 5902-80).

### Результаты и их обсуждение

Существующие способы производства зефира достаточно длительны (10–24 ч) и характеризуются высокими денежными затратами на производство [12]. Продолжительность сбивания массы зависит от конструктивных особенностей машин, частоты вращения вала, формы лопастей, их расположения, размеров загрузки [13, 14].

Нами предложен способ получения сбивных изделий типа суфле, в котором белок животного происхождения заменен на растительные, содержащиеся в муке пшеничной хлебопекарной высшего сорта.

В муке содержатся пищевые волокна, микро- и макроэлементы (магний, марганец, фосфор, калий, кальций, селен, витамины Е, К, группы В).

В качестве обогащающей добавки выбрали цедру лимона. Она богата эфирными маслами, витамином С, калием, кальцием. Ее применение обогащает организм полезными ингредиентами, укрепляет иммунитет [15].

Сбивали массу на экспериментальной установке периодического действия (разработана на кафедре ТХКМЗП ВГУИТ).

Рецептурные компоненты сбиваются под давлением. При этом воздух захватывается и дробится на мелкие частички. В результате происходит образование пены. Дисперсная фаза в ней – воздух, дисперсионная – раствор альбуминовой и глобулиновой фракций белков муки, целлюлоза и гемцеллюлоза водорастворимых пентозанов, связанные липиды, набухшие белки проламиновой и глютелиновой фракций, дезагрегированный крахмал, водорастворимые рецептурные компоненты теста.

Диспергированные пузырьки в жидкости окружают пузырьки воздуха. Чтобы придать диспергированным пузырькам устойчивость, необходимо присутствие пенообразователей – поверхностно-активных веществ. Растворы альбуминовой и глобулиновой фракций являются лучшими пенообразователями.

С увеличением концентрации высокомолекулярных пенообразователей возрастает пенообразующая способность. Молекулы ПАВ двигаются к границе раздела фаз, адсорбируются следующим образом: гидрофильные части молекул находятся в водной фазе, а гидрофобная направлена в сторону газовой среды или твердой поверхности, если последняя гидрофобна. Таким образом, на поверхности пузырьков образуется пленка, обладающая упругими свойствами и разделяющая отдельные пузырьки. Пена обладает минимальной поверхностной энергией, а значит, наиболее устойчива [16].

Для того чтобы оптимизировать режимы приготовления сбивного кондитерского изделия состава: мука пшеничная высшего сорта, вода, кислота лимонная, агар, сахар белый, патока, ароматизатор, применен экспериментально-статистический подход [17, 18, 20].

Основными факторами выбраны: продолжительность сбивания –  $x_1$ , с; частота вращения месильных органов,  $\text{мин}^{-1}$  –  $x_2$  – (табл. 1). Плотность изделия,  $\text{г/см}^3$  – это выходной параметр –  $y$ .

Выбранные факторы совместимы и между собой не коррелируют.

На первом этапе построено регрессионное уравнение. С его помощью адекватно описывается зависимость выходного параметра от изучаемых факторов [19].

Активный эксперимент проведен по системе центрального композиционного равномерного плана (табл. 2).

При проведении статистической обработки экспериментальных данных проведены вычисление оценок регрессионных коэффициентов, проверка их значимости, оценка воспроизводимости опытов. Установлена адекватность полученного уравнения. Для этого при доверительной вероятности 95 % применены статистические критерии Стьюдента, Кохрена и Фишера [16, 19].

Регрессионное уравнение, которое адекватно описывает зависимость объемной массы сбивного полуфабриката  $y$  от исследуемых факторов, имеет следующий вид (1):

$$y = 0,399 - 0,084X_1 - 0,145X_2 - 0,025X_1X_2 + 0,043X_1^2 + 0,079X_2^2, \quad (1)$$

где  $X_i$  – кодированные значения факторов, связанные с натуральными значениями  $x_i$  соотношениями (2):

$$X_1 = \frac{x_1 - 300}{150}; \quad X_2 = \frac{x_2 - 500}{250}. \quad (2)$$

Таблица 1 – Характеристики планирования

Table 1 – Planning characteristics

Условия планирования	Продолжительность сбивания $x_1$ , с	Частота вращения месильного органа $x_2$ , мин <sup>-1</sup>
Основной уровень (0)	300	500
Интервал варьирования	150	250
Верхний уровень (+1)	450	750
Нижний уровень (-1)	150	250
Верхняя «звездная» точка (+1,41)	511,5	852,5
Нижняя «звездная» точка (-1,41)	88,5	147,5

Таблица 2 – Матрица планирования и результаты эксперимента

Table 2 – Planning matrix and the results of the experiment

№ п/п	Значения				$y$ , г/см <sup>3</sup>
	натуральные		кодированные		
	$x_1$ , с	$x_2$ , мин <sup>-1</sup>	$X_1$	$X_2$	
1	150	250	-1	-1	0,730
2	450	250	+1	-1	0,610
3	150	750	-1	+1	0,490
4	450	750	+1	+1	0,270
5	88,5	500	-1,41	0	0,600
6	511,5	500	+1,41	0	0,365
7	300	147,5	0	-1,41	0,760
8	300	852,5	0	+1,41	0,350
9	300	500	0	0	0,403
10	300	500	0	0	0,401
11	300	500	0	0	0,406
12	300	500	0	0	0,403
13	300	500	0	0	0,402

Последнее уравнение определяет границы области эксперимента (сфера радиусом  $R$ ), оно ограничивает значения независимых переменных.

Чтобы решить поставленную задачу, применили метод неопределенных множителей Лагранжа, составив целевую функцию  $F$  вида (4):

$$F = 0,399 - 0,084X_1 - 0,145X_2 - 0,025X_1X_2 + 0,043X_1^2 + 0,079X_2^2 + \lambda(X_1^2 + X_2^2 - R^2) \quad (4)$$

где  $\lambda$  – неопределенный множитель Лагранжа.

Составлена система уравнений (5):

$$\begin{cases} \frac{\partial F}{\partial X_1} = -0,084 - 0,025X_2 + 0,086X_1 + 2\lambda X_1 = 0; \\ \frac{\partial F}{\partial X_2} = -0,145 - 0,025X_1 - 0,158X_2 + 2\lambda X_2 = 0; \\ \frac{\partial F}{\partial \lambda} = X_1^2 + X_2^2 - R^2 = 0. \end{cases} \quad (5)$$

На втором этапе проведена геометрическая интерпретация, проанализировано регрессионное уравнение. В виде поверхности отклика и двумерных сечений соответственно представлены графические интерпретации уравнения (1) (рис. 1 и 2). Анализируя графические зависимости (рис. 1 и 2) и уравнения регрессии (1), можно сделать вывод, что чувствительность объемной массы сбивного полуфабриката к изменению частоты оборотов месильных органов в 2 раза превышает аналогичную чувствительность к изменению продолжительности сбивания.

Таким образом, при практической реализации указанных режимов приготовления сбивного полуфабриката следует обеспечить строгое поддержание частоты оборотов месильных органов на заданном значении. К постоянству продолжительности сбивания, в свою очередь, могут быть предъявлены менее жесткие требования.

Третий этап заключался в поиске оптимальных режимов приготовления сбивной массы.

На этом этапе необходимо было найти значения независимых переменных  $X_1$  и  $X_2$ , при которых объемная масса  $y$  будет минимальна. Независимые переменные должны находиться в области  $-1 \leq X_i \leq +1$ , т. е.  $150 \leq X_1 \leq 450$  (с) и  $250 \leq X_2 \leq 750$  (мин<sup>-1</sup>).

Выбор искомого диапазонов варьирования факторов обусловлен тем, что при увеличении продолжительности сбивания свыше 450–500 с образованная к этому времени структура разрушается. Интенсивность ее разрушения повышается с увеличением частоты вращения месильного органа.

Условие оптимизации имеет следующий вид (3):

$$\begin{cases} y = 0,399 - 0,084X_1 - 0,145X_2 - 0,025X_1X_2 + 0,043X_1^2 + 0,079X_2^2 \rightarrow \min \\ X_1^2 + X_2^2 = R^2, \end{cases} \quad (3)$$

Для решения системы уравнений (5), вычисления значения функции отклика  $y$  применили интегрированный пакет MAPLEW 12.

Расчеты проведены в диапазоне от 0 до 1,41 (табл. 3).

Таблица 3 – Выбор оптимальных параметров

Table 3 – Selection of the optimal parameters

№ шага	$R$	$X_1$	$X_2$	$\lambda$	$y$ , г/см <sup>3</sup>
1	0	0,234	0,324	0,154	0,341
2	0,2	0,109	0,168	0,362	0,368
3	0,4	0,373	0,470	0,085	0,319
4	0,6	0,234	0,324	0,153	0,341
5	0,8	0,373	0,470	0,085	0,319
6	1,0	0,523	0,605	0,052	0,300
7	1,2	0,683	0,730	0,032	0,285
8	1,4	0,849	0,848	0,019	0,275
9	1,41	1,020	0,959	0,010	0,267

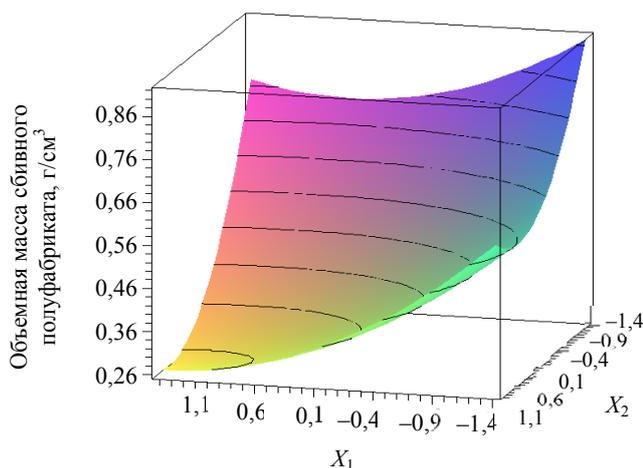
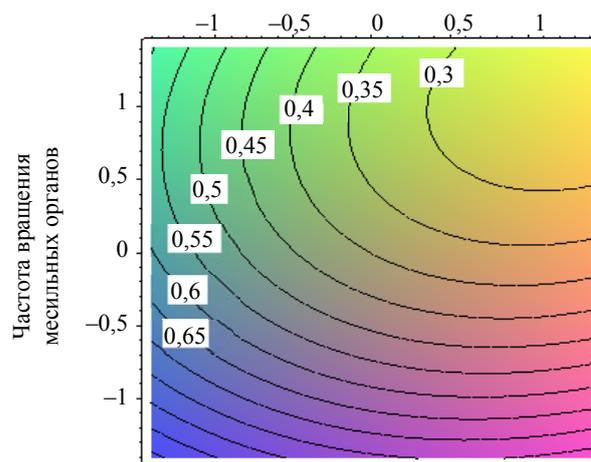


Рисунок 1 – Зависимость объемной массы сбивного полуфабриката от продолжительности сбивания  $X_1$  и частоты вращения месильных органов  $X_2$

Figure 1 – Dependence of the volume mass of the whipped semi-finished product on the duration of whipping  $X_1$  and rotation frequency of the whipping parts  $X_2$



Продолжительность сбивания

Рисунок 2 – Линии равного уровня объемной массы сбивного полуфабриката (числа на кривых – значения объемной массы,  $\text{г/см}^3$ )

Figure 2 – Lines of the equal level of whipped semi-finished product volume weight (numbers on the curves are volume weight values,  $\text{g/cm}^3$ )

Таблица 4 – Результаты оптимизации

Table 4 – Results of the optimization

Значение объемной массы изделия, $\text{г/см}^3$		Дисперсия, $S^2$	Расчетное значение критерия Стьюдента, $t_p$	Ошибка $\delta$ , $\text{г/см}^3$	Доверительный интервал плотности изделия, $\text{г/см}^3$
расчетное, $y^p$	экспериментальное, $y^s$				
0,300	0,318	0,0022	0,953	0,039	0,261 ÷ 0,339

Из результатов оптимизации (табл. 3) следует, что при движении по поверхности отклика от центра к периферии происходит постепенное уменьшение параметра оптимизации  $y$ , но оптимальными будут являться условия, полученные на шестом шаге оптимизации, так как независимые переменные не выходят за границы  $-1 \leq X_i \leq +1$ .

Учитывая условия планирования (табл. 1), переходя от кодированных значений факторов к натуральным, получили оптимальные значения факторов и параметры оптимизации: продолжительность сбивания массы  $x_1 = 379 \text{ с}^{-1}$ , частота оборотов месильных органов  $x_2 = 651 \text{ мин}^{-1}$ ; объемная масса  $y = 0,300 \text{ г/см}^3$  (рис. 1 и 2).

На четвертом этапе осуществлена экспериментальная проверка полученных оптимальных параметров, проведена оценка степени точности, надежности значения параметра оптимизации.

При найденных оптимальных значениях продолжительности сбивания массы  $x_1 = 379 \text{ с}^{-1}$  и частоте оборотов месильных органов  $x_2 = 651 \text{ мин}^{-1}$  изготовлены образцы сбивного кондитерского изделия ( $n = 6$  шт). В них определили объемную массу.

В табл. 4 приведены средние арифметические значения сбивной массы  $y^s$  и дисперсии  $S^2$  (получены по результатам шести параллельных опытов).

Из табл. 4 видно, что расчетное и экспериментальное значения плотности немного отличаются друг от друга. Чтобы признать эти

различия несущественными, объяснить их только появлением случайной ошибки, выдвинута нуль-гипотеза: расчетное и экспериментальное значения параметра оптимизации принадлежат к одной и той же генеральной совокупности.

Для проверки нуль-гипотезы необходимо воспользоваться распределением Стьюдента и вычислить расчетное значение критерия Стьюдента (6).

$$t_p = \frac{|y^s - y^p|}{\sqrt{S^2}} \sqrt{n} \quad (6)$$

Сравнивая величины  $t_p$  с табличным значением критерия Стьюдента  $t_m = 2,015$  (число степеней свободы  $f = 5$ , доверительная вероятность  $\delta = 95\%$ ), можно сделать вывод, что условие  $t_p < t_m$  выполняется.

Таким образом, различия между расчетным и экспериментальными значениями плотности сбивного изделия несущественны, могут быть объяснены только случайной ошибкой, а значит, выдвинутая нуль-гипотеза может быть принята.

Из результатов табл. 4 можно сделать вывод, что значение плотности сбивного изделия не выходит за границы доверительного интервала, который был получен расчетным путем. Следовательно, полученные результаты достоверны и надежны.

Определены показатели качества готового сбивного изделия. Оно обладает хорошей формоудерживающей способностью; структура – равномерная, мелкопористая; цвет – слегка кремовый; вкус – с легким привкусом лимонной

цедры; массовые доли: сухих веществ – 76 %; плотность – 0,43 г/см<sup>3</sup>.

### Выводы

Разработана технология сбивного изделия на агаре, без красителей и ароматизаторов; установлены оптимальные режимы технологии приготовления: продолжительность сбивания

$x_1 = 379 \text{ с}^{-1}$ , частота оборотов месильных органов  $x_2 = 651 \text{ мин}^{-1}$ ; показано, что замена яичного белка на растительные белки пшеничной муки и введение в рецептуру лимонной цедры позволяет получить изделие с оригинальными органолептическими показателями. Его можно рекомендовать не только людям, страдающим непереносимостью яичного белка, но и всем категориям потребителей.

### Список литературы

1. Стратегия повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года : Распоряжение Правительства РФ от 29.06.2016. № 1364-р. – Собрание законодательства РФ. – 2016. – № 28. – Ст. 4758.
2. Лисицын, А. Б. Научное обеспечение инновационных технологий при производстве продуктов здорового питания / А. Б. Лисицын, И. М. Чернуха, Н. А. Горбунова // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2012. – № 10. – С. 9.
3. Функциональные продукты питания: особенности современного развития пищевых технологий / В. К. Малышев [и др.] // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2012. – № 6. – С. 51–52.
4. Мачарадзе, Д. Ш. Пищевая аллергия у детей и взрослых. Клиника, диагностика, лечение / Д. Ш. Мачарадзе. – ГЭОТАР-Медиа, 2017. – 392 с.
5. Все об аллергии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://netalergii.ru/allergiya-na-yaichnyj-belok-chto-nelzya-est.html>. – Дата доступа: 13.01.2018.
6. Пат. 1271484 Российская Федерация, МПК 7 A23L1/06. Способ производства сбивных кондитерских масс / Артемьева Н. К., Бухтоярова З. Т., Щербаков В. Г. ; заявитель и патентообладатель Краснодарский ордена Трудового Красного Знамени политехнический институт. – № 437510 ; заявл. 21.09.1984 ; опубл. 23.11.1986.
7. Пат. 2146473 Российская Федерация, МПК 7 A23G3/00. Способ производства зефира / Жукова Л. П. ; заявитель и патентообладатель Орловский государственный технический университет. – № 98107238/13 ; заявл. 14.04.1998 ; опубл. 20.03.2000.
8. Пат. 2432771 Российская Федерация, МПК 7 A23G3/00. Способ производства зефира / Колпакова В. В., Студенникова О. Ю. ; заявитель и патентообладатель Московский государственный университет прикладной биотехнологии. – № 2010119603/13 ; заявл. 18.05.2010 ; опубл. 10.11.2011.
9. Пат. 2366257 Российская Федерация, МПК C1 A23G3/00. Способ производства зефира / Румянцева В. В., Ковач Н. М. ; заявитель и патентообладатель Орловский государственный технический университет. – заявл. 21.04.2008 ; опубл. 10.09.2009.
10. Пат. 2279229 Российская Федерация, A23G3/52, A23L1/06. Зефир / Цыганова Т. Б., Куличенко А. И. ; заявитель и патентообладатель Московский государственный университет технологий и управления федерального агентства по образованию. – заявл. 11.09.2004 ; опубл. 10.07.2006.
11. Олейникова, А. Я. Технология кондитерских изделий / А. Я. Олейникова, Л. М. Аксенова, Г. О. Магомедов. – СПб. : РАПП, 2010. – 672 с.
12. Матисон, В. А. Контроль качества сырья, материалов и готовой продукции в пищевом производстве / В. А. Матисон // Пищевая промышленность. – 2016. – № 7. – С. 8–11.
13. Анализ существующих способов производства зефира / Г. О. Магомедов [и др.] / Кондитерское и хлебопекарное производство. – 2012. – № 1. – С. 14.
14. Полуниин, Е. Г. Влияние бетаина на пищевую ценность, структуру и сроки хранения зефира / Е. Г. Полуниин, О. Г. Шубина / Известия вузов, пищевые технологии. – 2010. – № 2–3. – С. 40–42.
15. Функциональные пищевые ингредиенты и добавки в производстве кондитерских изделий / Г. О. Магомедов [и др.]. – СПб. : ГИОРД, 2015. – 440 с.
16. Дерканосова, Н. М. Моделирование и оптимизация технологических процессов пищевых производств / Н. М. Дерканосова, А. А. Журавлев, Н. А. Сорокина. – Воронеж : ВГТА, 2011. – 195 с.
17. Myers, R. N. Response surface methodology: process and product optimization using designed experiments / R. N. Myers, D. C. Montgomery, C. M. Anderson-Cook. – 3th ed. – Hoboken : Wiley, 2009. – 704 p.
18. Цирлин, А. М. Методы оптимизации для инженеров / А. М. Цирлин. – М. ; Берлин : Директ-Медиа, 2015. – 214 с.
19. Smolikhina, P. M. The study of structure formation processes in the confectionery mass / P. M. Smolikhina, E. I. Muratova, S. I. Dvoretzky // Advanced Materials & Technologies. – 2016. – № 2. – P. 43–47. DOI: 10.17277/amt.2016.02.
20. Оптимизация рецептуры мини-зефира на желатине с гуммиарабиком / И. В. Плотникова [и др.] / Кондитерское производство. – 2013. – № 5. – С. 10–11.

### References

1. Rasporyazheniye Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii ot 29.06.2016 goda № 1364-r «Strategiya povysheniya kachestva pishchevoy produktsii v Rossiyskoy Federatsii do 2030 goda» [Instruction of the Government of the Russian Federation “The strategy of improving foods quality in the Russian Federation until 2030”].
2. Lisitsyn A.B., Chernukha I.M., Gorbunova N.A. Nauchnoe obespechenie innovatsionnykh tekhnologiy pri proizvodstve produktov zdorovogo pitaniya [Scientific support of innovative technologies for healthy foods]. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyrya* [Storage and Processing of Farm Products], 2012, no. 10, p. 9.
3. Malyshev V.K., Demidova T.I., Nechaev A.P., et al. Funktsional'nyye produkty pitaniya: osobennosti sovremennogo razvitiya pishchevykh tekhnologiy [Functional foods: feature soft modern food technology]. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyrya* [Storage and Processing of Farm Products], 2012, no. 6, pp. 51–52.
4. Macharadze D.Sh. *Pishchevaya allergiya u detey i vzroslykh. Klinika, diagnostika, lecheniye* [Food allergy in children and adults. Clinical picture, diagnosis, treatment]. Moscow: GEOTAR-Media Publ., 2017. 392 p.
5. *Vse ob allergii* [All facts about allergy]. Available at: <http://netalergii.ru/allergiya-na-yaichnyj-belok-chto-nelzya-est.html> (accessed 13 January 2018).

6. Artemyeva N.K., Bukhtoyarova Z.T., Shcherbakov V.G. *Sposob proizvodstva sbivnykh konditerskikh mass* [Whipped paste production method]. Patent RF, no. 1271484, 1986.
7. Zhukova L.P. *Sposob proizvodstva zefira* [Marshmallow production method]. Patent RF, no. 2146473, 2000.
8. Kolpakova V.V., Studennikova O.Yu. *Sposob proizvodstva zefira* [Marshmallow production method]. Patent RF, no. 2432771, 2011.
9. Rumyantseva V.V., Kovach N.M. *Sposob proizvodstva zefira* [Marshmallow production method]. Patent RF, no. 2366257, 2009.
10. Tsyganova T.B., Kulichenko A.I. *Zefir* [Marshmallow]. Patent RF, no. 2279229, 2006.
11. Oleinikova A.Ya., Aksenova L.M., Magomedov G.O. *Tekhnologiya konditerskikh izdeliy* [Confectionary goods production technology]. St.Petersburg: RAPP Publ., 2010. 672 p.
12. Matison V.A. Kontrol' kachestva syr'ya, materialov i gotovoy produktsii v pishchevom proizvodstve [Quality control of raw materials and finished products in the food industry]. *Pishchevaya promyshlennost'* [Food Processing Industry], 2016, no. 7, pp. 8–11.
13. Magomedov G.O., Lobosova L.A., Oleinikova A.Ya., et al. Analiz sushchestvuyushchikh sposobov proizvodstva zefira [Analysis of the existing marshmallow production methods]. *Konditerskoye i khlebopekarnoye proizvodstvo* [Confectionery and Baking Industry], 2012, no. 1, p. 14.
14. Polunin E.G., Shubina O.G. Vliyaniye betaina na pishchevuyu tsennost', strukturu i sroki khraneniya zefira [Betain effect on nutrition value, structure and shelf life of zephyr]. *Izvestia vuzov. Pishhevaya tekhnologiya* [News Institutes of Higher Education. Food Technology], 2010, no. 2–3, pp. 40–42.
15. Magomedov G.O., Oleinikova A.Ya., Plotnikova I.V., et al. *Funktional'nyye pishchevyye ingredienty i dobavki v proizvodstve konditerskikh izdeliy* [Functional food ingredients and additives in confectionary goods production]. St.Petersburg: GIOR Publ., 2015. 440 p.
16. Derkanosova N.M., Zhuravlev A.A., Sorokina N.A. *Modelirovaniye i optimizatsiya tekhnologicheskikh protsessov pishchevykh proizvodstv* [Modelling and optimization of technological processes in food production]. Voronezh: VSUET Publ., 2011. 195 p.
17. Myers R.N., Montgomery D.C., Anderson-Cook C.M. *Response surface methodology: process and product optimization using designed experiments*. Hoboken: Wiley, 2009. 704 p.
18. Tsirlin A.M. *Metody optimizatsii dlya inzhenerov* [Optimization methods for engineers]. Moscow, Berlin: Direct Media Publ., 2015. 214 p.
19. Smolikhina P.M., Muratova E.I., Dvoretzky S.I. The study of structure formation processes in the confectionery mass. *Advanced Materials & Technologies*, 2016, no. 2, pp. 43–47. DOI: 10.17277/amt.2016.02.
20. Plotnikova I.V., Zhuravlev A.A., Oleinikova A.Ya., et al. Optimizatsiya retseptury mini-zefira na zhelatine s gummiarabikom [Optimization of the formulation of mini-marshmallows on gelatin with gum arabic]. *Konditerskoye proizvodstvo* [Confectionary Baking], 2013, no. 5, pp. 10–11.

**Магомедов Газибег Омарович**

д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», 394036, Россия, г. Воронеж, пр-т Революции, 19, тел.: +7 (4732) 55-38-51, e-mail: post@vgt.vrn.ru  
 <https://orcid.org/0000-0002-7201-8387>

**Лобосова Лариса Анатольевна**

канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», 394036, Россия, г. Воронеж, пр-т Революции, 19, тел.: +7 (4732) 55-38-51, e-mail: lobosova63@mail.ru  
 <https://orcid.org/0000-0001-7147-1297>

**Рожков Сергей Анатольевич**

канд. мед. наук, ассистент кафедры анестезиологии и реаниматологии, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный медицинский университет им. Н. Н. Бурденко», 394036, Россия, г. Воронеж, ул. Студенческая, 10; главный врач БУЗ ВО «Воронежская станция скорой медицинской помощи», e-mail: sar.68@mail.ru  
 <https://orcid.org/0000-0003-1683-2998>

**Селина Наталья Александровна**

студент кафедры технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», 394036, Россия, г. Воронеж, пр-т Революции, 19, тел.: +7 (4732) 55-38-51, e-mail: nat.selina2015@ya.ru  
 <https://orcid.org/0000-0002-4484-8527>

**Gazibeg O. Magomedov**

Dr.Sci.(Eng.), Professor, Head of the Department of Technology of Bakery, Confectionery, Macaroni and Grain-Processing Productions, Voronezh State University of Engineering Technologies, 19, Revolutsii Ave., Voronezh, 394036, Russia, phone: +7 (4732) 55-38-51, email: post@vgt.vrn.ru  
 <https://orcid.org/0000-0002-7201-8387>

**Larisa A. Lobosova**

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Technology of Bakery, Confectionery, Macaroni and Grain-Processing Productions, Voronezh State University of Engineering Technologies, 19, Revolutsii Ave., Voronezh, 394036, Russia, phone: +7 (4732) 55-38-51, e-mail: lobosova63@mail.ru  
 <https://orcid.org/0000-0001-7147-1297>

**Sergey A. Rozhkov**

Cand.Sci.(Med.), Assistant of the Department of Anesthesiology and Reanimatology, N.N. Burdenko Voronezh State Medical University, 10, Studencheskaya Str., Voronezh, 394036, Russia; Chief Physician at the Voronezh Emergency Ambulance Station, e-mail: sar.68@mail.ru  
 <https://orcid.org/0000-0003-1683-2998>

**Natalia A. Selina**

Student of the Department of Technology of Bakery, Confectionery, Macaroni and Grain-Processing Productions, Voronezh State University of Engineering Technologies, 19, Revolutsii Ave., Voronezh, 394036, Russia, phone: +7 (4732) 55-38-51 e-mail: nat.selina2015@ya.ru  
 <https://orcid.org/0000-0002-4484-8527>



<https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-2-89-99>  
УДК 663.12

## ВЛИЯНИЕ СПОСОБА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПИВНЫХ ДРОЖЖЕЙ КИСЛОРОДОМ НА СИНТЕЗ СТЕРИНОВ

Л. В. Пермякова 

Дата поступления в редакцию: 04.05.2018  
Дата принятия в печать: 22.06.2018

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

e-mail: delf-5@yandex.ru



© Л. В. Пермякова, 2018

**Аннотация.** Дрожжам для синтеза компонентов мембран (ненасыщенных жирных кислот и стерина) необходим кислород, однако повышенное содержание его в среде при брожении увеличивает концентрацию продуктов окислительного обмена клеток, что замедляет созревание и ухудшает качество пива. Альтернативой может быть аэрация инокулята с целью накопления в клетках стерина и снижения потребности клеток в кислороде. В работе исследовали влияние условий подготовки инокулята и содержания кислорода в среде сбраживания на образование стерина пивными дрожжами *Saccharomyces cerevisiae*. Предферментационная обработка заключалась в кратковременной аэрации (30 мин) инокулята в воде, пивном сусле или молодом пиве с последующей выдержкой без доступа воздуха (1–3 ч). Содержание стерина оценивали методами спектрофотометрии, хромато-масс-спектрометрии, тонкослойной (ТСХ) и газожидкостной (ГЖХ) хроматографии. Показано, что при аэрообработке дрожжей в молодом пиве в клетках синтезируется стерина на 16 и 73 % больше, чем в воде и сусле соответственно, что объясняется наличием в пиве эффективных для стерина синтеза источников углерода. При любом способе обеспечения дрожжей кислородом (на стадии подготовки культуры или ферментации сусле) в неомыляемой фракции по результатам ТСХ обнаружено шесть компонентов: эргостерин, эргоста-5,7-диен-3-β-ол, эргоста-7,22-диен-3-β-ол, фекостерин, зимостерин, ланостерин. ГЖХ выявила пять соединений: сквален (39–54 %), ланостерин, 24(28)-дигидроэргостерин, эргостерин (23–35 %) и неидентифицированный компонент, оказавшийся, по данным масс-спектрометрии, 24-метил-24,25-дигидроланостерином. Возрастание уровня кислорода в среде ферментации с 4,0 до 16,0 мг/дм<sup>3</sup> способствует снижению прироста стерина на единицу потребленного дрожжами кислорода. Предварительная аэрообработка позволила дрожжам при концентрации O<sub>2</sub> в сбраживаемом сусле 4,0 мг/дм<sup>3</sup> нормально размножиться и сбродить экстракт среды на уровне образца с содержанием кислорода 8,0 мг/дм<sup>3</sup>. Это позволяет говорить о преимуществе использования предферментационной аэрации дрожжей и проведении процесса сбраживания пивного сусле без дополнительного насыщения кислородом воздуха.

**Ключевые слова.** Дрожжи пивные, кислород, стерин, среда инкубирования, брожение

**Для цитирования:** Пермякова, Л. В. Влияние способа обеспечения пивных дрожжей кислородом на синтез стерина / Л. В. Пермякова // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 2. – С. 89–99. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-2-89-99>.

## INFLUENCE OF THE METHOD FOR BREWER'S YEAST OXYGEN SUPPLY ON STEROLS SYNTHESIS

L.V. Permyakova 

Received: 04.05.2018  
Accepted: 22.06.2018

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

e-mail: delf-5@yandex.ru



© L.V. Permyakova, 2018

**Abstract.** Oxygen is necessary for yeast to synthesize membrane components (unsaturated fatty acids and sterols), but its high content in the medium during fermentation increases the concentration of cell oxidative metabolism products. This slows down beer maturation process and impairs its quality. The alternative way is to aerate the inoculum to accumulate sterols in cells and reduce the cells' requirement for oxygen. The author studied the effect of inoculum preparation conditions and oxygen content in the fermentation medium on the formation of sterols by the brewer's yeast *Saccharomyces cerevisiae*. Pre-fermentation treatment involved a short aeration of the inoculum (for 30 min) in water, beer wort or young beer with further exposure in an anaerobic environment (for 1–3 hours). The content of sterols was evaluated by means of spectrophotometry, chromatography-mass spectrometry, thin-layer chromatography (TLC), and gas-liquid chromatography (GLC). The article reveals that when yeasts are aerated in young beer, cells synthesize by 16% and 73% more sterols than in water and wort, respectively. This is due to the presence of carbon sources in beer which are effective for sterols synthesis. After application of any method for providing yeast with oxygen (at culture preparation or wort fermentation stage) six components were detected in the unsaponifiable fraction using TLC: ergosterol, ergosta-5,7-diene-3β-ol, ergosta-7,22-diene-3β-ol, fecosterol, zymosterol, lanosterol. GLC revealed five compounds: squalene (39–54%), lanosterol, 24 (28) -dihydroergosterol, ergosterol (23–35%) and an unidentified component which according to mass spectrometry was 24-methylene-24,25-dihydrolanosterol. An increase in the oxygen level in the fermentation medium from 4.0 to 16.0 mg/l contributes to the decrease in sterols accumulation per unit of oxygen consumed by the yeast. Preliminary aeration

allowed yeast to multiply regularly at oxygen concentration in the fermentable wort of 4.0 mg/l and ferment the extract of the medium at the level of the sample where oxygen content was 8.0 mg/l. This shows the advantage of using yeast pre-fermentation aeration and conducting beer wort fermentation process without additional saturation with oxygen.

**Keywords.** Brewer's yeast, oxygen, sterols, incubation medium, fermentation

**For citation:** Permyakova L.V. Influence of the method for brewer's yeast oxygen supply on sterols synthesis. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2018, vol. 48, no. 2, pp. 89–99 (In Russ.). <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-2-89-99>.

### Введение

Стерины входят в состав обширного класса органических соединений – стероидов, широко распространенных в природе. По своему строению стерины представляют собой до конца гидрированную (пергидро)-1,2-циклопентенфенантроновую кольцевую систему. Это нейтральные, довольно устойчивые вещества, встречающиеся как в свободном состоянии, так и в виде сложных эфиров алифатических жирных кислот. Различные стерины заметно отличаются по своим физиологическим и химическим свойствам в зависимости от наличия и расположения двойных связей в боковой цепи и в кольцевой системе, а также от пространственной изомерии [1, 2].

Стерины обнаружены у представителей всех классов грибов [1, 3]. Наиболее богаты стеринами дрожжевые организмы, способные накапливать от 0,1 до 8,0 % стероидов.

Основным стеринем большинства дрожжей является эргостерин. Клетки *Saccharomyces cerevisiae* содержат его до 90 % от общей фракции стероидов [1]. Кроме эргостерина в дрожжах в незначительных количествах встречаются зимостерин, фекостерин, эпистерин, ланостерин и другие стерины.

скавален

↓ 1 – *эпоксидаза, НАДН-цитохром P-450-редуктаза, цитохром P-450*

скавален-2,3-оксид

↓ 2 – *эпоксидоскваваленциклаза*

ланостерин

↓ 3 – *14-деметилаза*

4,4-диметилхолеста-8,24-диен-3β-ол

↓ 4 – *оксидаза со смешанной функцией*

4-метилхолеста-8,24-диен-3β-ол

↓ 5 – *оксидаза*

зимостерин

↓ 6 – *C<sub>24</sub>-метилтрансфераза*

фекостерин

↓ 7 – *изомераза*

эпистерин

↓ 8 – *C<sub>22</sub>-дегидрогеназа*

эргоста-7,22,24(28)-триен-3β-ол

↓ 9 – *изомераза*

эргоста-5,7,22,24(28)-тетраен-3β-ол

↓ 10 – *C<sub>24(28)</sub>-метилредуктаза*

эргостерин

Рисунок 1 – Превращение скавалена в эргостерин у дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*

Figure 1 – Transformation of squalene into ergosterol by the yeast *Saccharomyces cerevisiae*

В настоящее время с помощью меченого ацетата однозначно доказано, что исходной строительной единицей в синтезе стероидов является ацетил-КоА [2].

Важнейший этап в биосинтезе стероидов – образование мевалоновой кислоты, так как она является продуктом, лимитирующим дальнейший синтез. Между количеством этой кислоты в клетке и скоростью синтеза стероидов существует прямая зависимость. Из мевалоновой кислоты через цепь промежуточных веществ образуются изопреновые соединения. Одно из них – фарнезилпирофосфат – заканчивает реакции конденсации с образованием сквалена.

Сквален постоянно находится в дрожжах, культивируемых в анаэробных условиях. В этом случае он накапливается в клетке, и его содержание в 10 раз превосходит содержание эргостерина [1]. При аэрировании, особенно в присутствии глюкозы, количество сквалена в клетках быстро уменьшается.

Превращение сквалена путем циклизации в ланостерин и затем через ряд переходных соединений в эргостерин в соответствии с общепринятыми взглядами представлено на рис. 1 (цифрами 1–10 обозначены ферменты, катализирующие соответствующую реакцию) [1, 2].

Ферментные системы, осуществляющие биосинтез стероидов, связаны с митохондриями и микросомами [4].

Основными функциями стероидов в клетке являются: структурная, ростовая, защитная [2, 5–7].

Свободные стерины являются составной частью клеточных мембран, а этерифицированные запасаются в липосомах цитоплазмы. Важнейшие свойства клеточной мембраны (вязкость, стабильность, проницаемость, устойчивость к лизису) в существенной степени зависят от состава стероидов.

Некоторые исследователи предполагают, что стерины принимают участие в образовании митохондриальных структур [1, 8]. Имеется определенная взаимосвязь между нарушениями в митохондриях и содержанием стероидов в дрожжевых клетках. В дрожжах, растущих в аэробных условиях, при добавлении метразола, затрагивающего окислительный метаболизм клетки, либо при переносе их в анаэробные условия снижается количество стероидов с 2,5 до 0,5 %, убывает число частиц, подобных митохондриям, снижается уровень цитохрома *c*. При удалении яда из инкубационной среды все нарушенные структуры восстанавливаются, а содержание стероидов достигает первоначального уровня. В свою очередь эргостерин, возможно, является

активатором некоторых ферментных систем и дыхательных коферментов [9].

Дрожжевые организмы способны к определенному росту в анаэробных условиях только в присутствии эргостерина и олеиновой кислоты [10–12]. Рядом авторов [1, 13] выявлена зависимость между концентрацией экзогенного эргостерина и ростом клетки, а также состоянием клеточной мембраны. При минимальной концентрации (100 нг/см<sup>3</sup>), необходимой для роста, эргостерин, вероятно, только заполняет определенные области в клеточной мембране. При этом ее свойства существенно изменены, и клетка способна пройти 2–3 генерации. Это было названо критической доменной функцией эргостерина. Больше количество эргостерина (0,5–1,0 мг/см<sup>3</sup>) приводит к нормальному росту и размножению дрожжей, восстановлению свойств мембран и, следовательно, является достаточным для выполнения доменной функции в клетке. При повышении концентрации экзогенного эргостерина до 15 мг/см<sup>3</sup> содержание его в клетке возрастает только до определенного уровня, который остается постоянным и при дальнейшем увеличении количества извне введенного стерина.

Дрожжевые клетки, выросшие при анаэробии и наличии эргостерина, имеют все хорошо выраженные мембранозные системы: ядерную, цитоплазматическую и вакуолярную мембраны [13]. В структуре клеток, растущих в отсутствие эргостерина, вместо типичных митохондрий имеются промитохондрии со слабой ферментативной активностью, небольшим количеством стерина, низким содержанием ненасыщенных жирных кислот и высоким – насыщенными с короткой цепью.

Аэрация анаэробно выращенных дрожжей в присутствии источника энергии индуцирует быстрый (за 1–8 ч) синтез вышеперечисленных компонентов, дыхательную активность. Клетки начинают делиться, и появляются типичные митохондриальные структуры. Энергетический обмен меняется с анаэробного на окислительный [8].

Стерины способны к комплексообразованию с мембранотропными токсинами (спиртами, солями, полиеновыми антибиотиками и др.), устраняя их негативное влияние на живой организм и выполняя тем самым защитную функцию в клетке [1, 14].

В настоящее время относительно хорошо исследованы условия, при которых происходит стеринобразование у дрожжевых организмов.

Аэрация – основной фактор, резко изменяющий уровень образования стерина в клетках дрожжей рода *Saccharomyces* [1, 15, 16]. В присутствии кислорода синтез стерина осуществляется очень быстро. Р. Д. Гальцова [1] отмечает, что клетки дрожжей с высокой бродительной активностью могут в условиях хорошей аэрации повысить содержание стерина в шесть и более раз по сравнению с дрожжами, обладающими значительной окислительной активностью. В первом случае окислительно-восстановительные ферментные

системы таким образом лимитируют процессы метаболизма, что накапливается достаточное количество исходного строительного материала, и в то же время наличие окислительных систем и доступ кислорода воздуха обеспечивают необходимую скорость биосинтеза стерина.

При длительном культивировании в отсутствие кислорода дрожжи теряют способность к брожению, прекращают размножаться, перестраивают свой энергетический обмен [8]. Потребность в молекулярном кислороде резко возрастает.

Требуемое количество кислорода зависит, с одной стороны, от свойств отдельных штаммов, с другой – от условий их предшествующего культивирования. У разных штаммов пивных дрожжей потребность в кислороде может колебаться от 2,0 до 40,0 мг/дм<sup>3</sup> и выше [15, 17–19]. В зависимости от способа введения пивные дрожжи могут получаться в формах, требующих кислорода или не требующих его. Микробная культура, выросшая при доступе кислорода воздуха, не нуждается в этом компоненте и хорошо осуществляет процесс брожения как в аэрированном, так и деаэрированном сусле. Дрожжи, растущие длительное время без кислорода, после введения в неаэрированное сусло отличаются пониженной способностью к усвоению субстрата [16, 20].

При проведении процесса ферментации классическим периодическим способом необходимое количество растворенного кислорода в пивном сусле экстрактивностью 11–12 % определяется в размере 6,0–8,0 мг/дм<sup>3</sup>, но в ряде случаев предельной концентрацией кислорода на начальной стадии брожения считают 7,5–9,0 мг/дм<sup>3</sup> [16–19]. Производство высокоплотных сортов пива, использование технологии «высокоплотного пивоварения» требует насыщения суслу растворенным кислородом на уровне 10,0–18,0 мг/дм<sup>3</sup> [18, 21], что позволяет нивелировать дрожжам осмотический стресс, стимулировать сбраживание экстракта среды, снизить долю побочных продуктов, ухудшающих вкус и аромат пива.

Некоторые исследователи связывают потребность дрожжей в кислороде, а в свою очередь и скорость сбраживания либо с общей концентрацией стерина, синтезируемых в присутствии данного количества кислорода, либо с относительным содержанием различных стерина. Так, например, одни авторы предполагают, что дрожжи с низкой потребностью в кислороде характеризуются большим содержанием эргостерина, чем эпи- и ланостерина [13], другие – высокой концентрацией дигидроэргостерина по сравнению с эргостерином [21].

Накоплению эргостерина благоприятствует нейтральная или щелочная среда, синтез его максимален при 30 °С и почти прекращается при 40 °С. Значительный прирост стерина (до 10–12 % СВ) наблюдается при воздействии на дрожжи ионизирующих излучений. Более слабый

эффект дают вещества – ингибиторы окислительного фосфорилирования и некоторые полиеновые антибиотики [1, 22].

Состав среды культивирования существенно влияет на биосинтез стерина. Снижают выход стерина большое количество азота в среде, ионы калия, стимулируют образование эргостерина кальций и магний, не влияют на него фосфорные соединения, ионы натрия [1]. Наиболее эффективными источниками углерода для стерина синтеза являются углеводы. Наибольший прирост наблюдается при использовании глюкозы, рафинозы (100–200 %). Мальтоза и фруктоза оказывают менее заметный эффект (30–35 %) [25].

Ряд исследователей отмечают значение не самих углеводов в синтезе стерина, а продуктов их распада [1, 23]. P. R. Starb и L. W. Parks [23] считают, что содержание продуктов деградации углеводов пропорционально уровню кофермента А в клетке. Авторы составили определенный ряд с уменьшающейся эффективностью в отношении стерина синтеза: ацетат, этиловый спирт, глюкоза, мальтоза, глицерин, ксилоза и сукцинат.

Этиловый спирт является хорошим экзогенным источником углерода для накопления стерина дрожжевыми организмами [1, 15]. Этанол включается в синтез стерина после превращения его в ацетат. При выдерживании дрожжевых клеток в атмосфере этилового спирта при хорошей аэрации содержание стерина увеличивается в 4–5 раз. Наилучшей концентрацией данного вещества считается 2–4 % об., так как в большем количестве проявляются токсичные свойства спирта.

Накоплению стерина в дрожжевых клетках способствуют и органические кислоты с небольшим числом углеродных атомов. Среди таких кислот по усвояемости и по своему действию на синтез стерина первое место занимает пировиноградная кислота (прирост стерина 295 %), янтарная кислота дает прирост около 195 %, молочная – 160–175 %, уксусная – 100–105 %, яблочная – 90–100 % [23].

Вышеприведенные результаты были получены в основном при работе с пекарскими дрожжами. Что касается изучения процесса стерина синтеза пивными дрожжами [15, 24–26], сведения об общем содержании стерина в различных штаммах, влиянии на количественный и качественный состав стерина разных условий снабжения культуры кислородом отражены в литературе недостаточно полно.

Кислород – важнейший фактор, регулирующий рост и физиологическую активность дрожжевой клетки [16]. Используемый чаще всего в практике пивоварения способ обеспечения дрожжей кислородом путем аэрации среды ферментации хотя и способствует снижению потребности культуры в данном компоненте, но имеет много недостатков, главный из которых – ухудшение качественных показателей готового пива [16, 27–29]. Возможно, более эффективным приемом снижения потребности дрожжей в кислороде

является аэрация инокулята перед введением в среду сбраживания.

Имеются немногочисленные сведения по предферментационной аэрации дрожжей [16, 20, 30, 31]. В одних работах рекомендуется осуществлять подобную обработку в условиях минипивзаводов в течение 15 мин перед засевом в сусле для улучшения физиологического состояния клеток, при этом не указывается среда инокуляции [31], в других (на примере получения вина) – проводить аэрацию как жидкой разводки, так и сухих реактивированных дрожжей для предотвращения замедления или преждевременной остановки брожения в случае повышенного количества фунгицидов в сусле [30].

Нами предлагается подготовка семенной культуры пивных дрожжей перед введением в среду ферментации путем кратковременной аэрации инокулята с последующей выдержкой без доступа воздуха [15]. Насыщение кислородом воздуха дрожжевой суспензии направлено на синтез дополнительного количества в клетках факторов анаэробного роста, в первую очередь стерина, анаэробная инкубация предотвращает переход обмена веществ с брожения на дыхание.

Цель работы – изучение образования стерина пивными дрожжами *Saccharomyces cerevisiae* при кратковременной аэрации инокулята в зависимости от состава среды суспендирования, а также в процессе последующей ферментации с учетом содержания кислорода в сусле.

#### Объекты и методы исследований

Объектом исследований служила чистая культура пивных дрожжей *S. cerevisiae* низового брожения расы 8(а) М третьего пассажа. Выбор расы обусловлен ее высокой потребностью в кислороде [15]. Культуру выращивали при температуре 28 °С под высоким слоем 11%-го пивного сула, что обеспечивало относительно анаэробные условия и низкое содержание стерина в биомассе. Данный образец служил контролем.

Для аэробной обработки полученную биомассу суспендировали в средах (1:2), в которых возможно хранение семенных дрожжей в условиях производства (в воде, 11%-ном пивном сусле, молодом пиве). Аэрацию инокулята проводили компрессором при расходе воздуха 100 дм<sup>3</sup>/ч·дм<sup>3</sup> среды в течение 30 мин при температуре 2–4 °С. Последующую выдержку дрожжей в анаэробных условиях длительностью 1–3 ч вели в колбах, закрытых сернокислотными затворами. Посевной материал вводили в сбраживаемую среду (11%-ное солодовое охмеленное сусле) из расчета 20 · 10<sup>6</sup> клеток/см<sup>3</sup>. Процесс ферментации вели при температуре 8–9 °С.

Для выделения стерина из дрожжей центрифугированную биомассу гидролизировали 40%-ным раствором КОН в 96%-ном этиловом спирте в течение 1 ч на кипящей водяной бане. Стериновую фракцию из остывшего раствора дважды экстрагировали гексаном. Соотношение

объема спиртового раствора стерина к объему гексана 1:0,75. Гексановый раствор промывали дистиллированной водой до нейтральной реакции и осушали над безводным сульфатом натрия в течение 1–2 суток. Затем раствор фильтровали и отгоняли из него гексан под вакуумом на роторном испарителе. Стерины хранили в закрытых бюксах при температуре не выше 4 °С. Для проведения дальнейших анализов продукт перерастворили в гексане.

Общее содержание стерина определяли УФ-спектрофотометрическим методом путем измерения оптической плотности гексанового раствора стерина при длине волны 282 нм. Найденную по калибровочному графику величину пересчитывали в проценты на сухое вещество дрожжей (% СВ).

Качественный состав стерина оценивали тонкослойной (ТСХ) и газожидкостной хроматографией (ГЖХ) [32]. Для ТСХ применяли пластины «Silufol» 200x200 мм, обработанные 20%-ным раствором  $\text{AgNO}_3$ , в системе растворителей хлороформ-ацетон (95:5). Проявление хроматограмм вели  $\text{FeCl}_3$ , растворенным в смеси кислот (ледяной уксусной и концентрированной серной). ГЖХ проводили на хроматографе «Цвет-100». Колонка стеклянная силанизированная, длиной 2,5 м, с внутренним диаметром 2 мм, заполненная фенилсиликоновой фазой ОУ-17 на носителе «Chromaton N-Super» (Чехия). Температура колонки – 280 °С, температура детектора – 290 °С, расход гелия – 25 см<sup>3</sup>/мин. Относительное время удерживания рассчитывали по холестерину.

«Свидетелями» при ТСХ служили индивидуальные стерин, выделенные из мутантных штаммов дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*: эргоста-5,7-диен-3 $\beta$ -ол, эргоста-7,22-диен-3 $\beta$ -ол, 24(28)-дигидроэргостерин, ланостерин, зимостерин; при ГЖХ дополнительно – эргоста-8-ен-3 $\beta$ -ол, эргоста-8,24(28)-диен-3 $\beta$ -ол. Кроме того, использовали сквален, эргостерин («Фармакон», г. Санкт-Петербург) и холестерин («Merck», Германия) как структурный аналог различных интермедиатов биосинтеза стерина у дрожжей.

Структуру неидентифицированных ранее стерина устанавливали методом хромато-масс-спектрометрии на приборе «КВ-2091» (Швеция). Ввод осуществляли через капиллярную колонку газожидкостного хроматографа. Фаза ОУ-17, температура колонки и сепаратора – 250 °С, ионного источника – 260 °С, ускоряющее напряжение – 3,5 кВ, энергия ионизирующих электронов – 70 эВ.

Физиологическое состояние дрожжей оценивали методом прямого счета в камере Горяева по количеству клеток во взвешенном состоянии и почкующихся. Массовую долю сухих веществ сбраживаемого суслу анализировали ареометрическим способом с последующим расчетом видимой степени сбраживания.

Технологические характеристики дрожжей (скорость сбраживания, выход клеток, время генерации) определяли в соответствии с рекомендациями Европейской пивоваренной конвенции (ЕВС), используя значения таких величин, как содержание экстракта и дрожжевых клеток в бродящей среде.

Исследования проводили в трех-четыре повторностях и обрабатывали статистически по Фишеру – Стьюденту при уровне надежности 95 %.

### Результаты и их обсуждение

На первом этапе работы исследовали влияние предферментационной аэробной обработки дрожжей в разных средах на общее содержание стерина.

Из данных рис. 2 видно, что через 30 мин аэрации при достижении полного насыщения суспензии кислородом воздуха (от 11 мг/дм<sup>3</sup> при инкубировании в молодом пиве до 15 мг/дм<sup>3</sup> – в воде) в клетках дрожжей концентрация стерина возросла в 2,0–3,6 раза в сравнении с исходным значением и в зависимости от среды суспендирования. Интенсивный синтез стерина в этот период времени можно объяснить быстрым превращением образовавшихся на стадии анаэробного выращивания культуры предшественников. Уже на стадии циклизации сквалена кислород необходим для превращения его в сквален-2,3-оксид, который и подвергается циклизации в ланостерин при участии циклазы сквален-2,3-оксида. На последующих этапах в процессе деметилирования у  $\text{C}_4$  и  $\text{C}_{14}$  атомов ланостерина тоже требуется кислород, так как в этих реакциях участвуют оксидазы со смешанной функцией [1]. В первые часы после прекращения аэрации биосинтез эргостерина продолжался с высокой скоростью с дальнейшим снижением ее по мере исчерпания кислорода из среды. После 2 ч инкубации без доступа кислорода воздуха наблюдался даже некоторый спад концентрации эргостерина в клетках, что, возможно, связано с потреблением его для построения мембран. Максимальное содержание эргостерина в дрожжах в 4,4–7,2 раза больше, чем в исходной культуре.

При использовании в качестве среды инкубации суслу, и особенно пива, стеринагенез дрожжей протекал более интенсивно. Сахара являются ценными источниками углерода для стеринаобразования [1, 10]. В результате их окисления образуется непосредственный предшественник эргостерина ацетил-КоА, из трех молекул которого синтезируется мевалоновая кислота. Этиловый спирт молодого пива может быть использован в биосинтезе эргостерина после окисления в ацетат в присутствии молекулярного кислорода. В молодом пиве кроме спирта содержатся и другие вещества, стимулирующие накопление стерина в клетках. Все это способствовало тому, что в дрожжах, суспендированных в молодом пиве, содержание эргостерина на 16 и 73 % выше, чем в биомассе, инкубированной в сусле и воде соответственно.

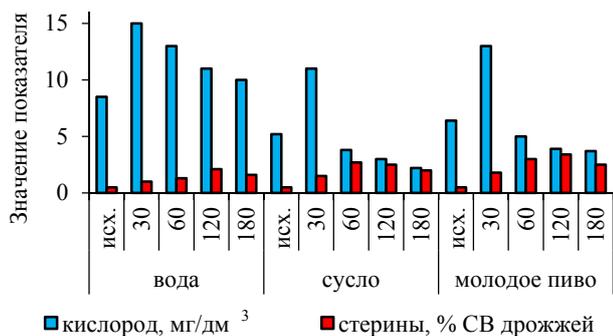


Рисунок 2 – Изменение концентрации кислорода и стерина в дрожжевой суспензии в процессе подготовки инокулята в разных средах (на оси абсцисс цифрами указана длительность аэрации (30 мин) и анаэробной выдержки инокулята (60–180 мин))

Figure 2 – Figures on the X-axis indicate the changes in oxygen and sterols concentration in the yeast suspension during preparation of the inoculum in different media (the duration of aeration (30 min) and anaerobic exposure of inoculum (60–180 min))

Таблица 1 – Влияние аэробной обработки дрожжей на количество клеток с гликогеном

Table 1 – Influence of yeast aeration on the number of cells with glycogen

Среда обработки	Содержание клеток с гликогеном, % от общего				
	длительность, ч				
	аэрации		анаэробной выдержки		
	–	30	1	2	3
вода	60,7	54,4	52,7	46,3	41,5
пивное сусло	60,7	59,2	58,0	54,0	50,3
молодое пиво	60,7	58,6	57,2	52,3	47,5

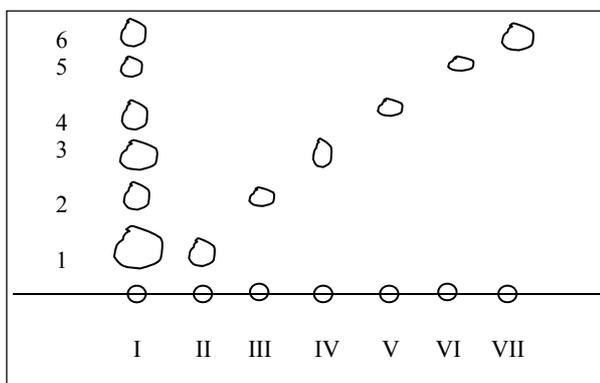


Рисунок 3 – Разделение фракций стерина у дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* (исходная культура) методом ТСХ: 1 – эргостерин, 2 – эргоста-5,7-диен-3-β-ол, 3 – эргоста-7,22-диен-3-β-ол, 4 – фекостерин, 5 – зимостерин, 6 – ланостерин; I – раствор стерина, выделенных из исходной культуры дрожжей, II–VII – свидетели

Figure 3 – Separation of sterol fractions in the yeast *Saccharomyces cerevisiae* (stock yeast culture) by means of thin-layer chromatography (TLC): 1 – ergosterol; 2 – ergosta-5,7-dien-3-β-ol; 3 – ergosta-7,22-dien-3-β-ol; 4 – fecosterol; 5 – zymosterol; 6 – lanosterol; I – solution of sterols isolated from the stock yeast culture, II–VII – markers

Необходимо отметить, что в отсутствие экзогенных источников углерода для синтеза стерина клетки могут использовать эндогенные

ресурсы, в первую очередь гликоген и трегалозу [1, 16]. Во всех исследуемых образцах наблюдается снижение количества клеток с резервным полисахаридом по отношению к исходному значению, особенно заметное в варианте с аэрацией в воде (табл. 1). Однако ограниченное количество эндогенных субстратов энергетического обмена не позволяет использовать кислород среды в полной мере и обеспечить тот же уровень стерина-копления, который наблюдается при суспендировании дрожжевой культуры в сусле и молодом пиве.

Учитывая, что углеводы и продукты их метаболизма стимулируют биосинтез стерина, при проведении аэрации культуры целесообразно использовать в качестве среды обработки молодое пиво. В дальнейшем подготовку инокулята вели в этой среде.

В ряде работ имеются указания на то, что нормальный ход брожения зависит не только от общего количества стерина в семенных дрожжах, но и от соотношения их различных фракций [21]. Спектрофотометрический метод анализа не может дать точной информации о составе стериновых фракций, так как позволяет судить лишь о наличии определенных функциональных группировок, характерных для структуры тех или иных стерина. Был изучен качественный состав стерина дрожжей в процессе их обработки. Предварительную идентификацию отдельных фракций стерина проводили методом тонкослойной хроматографии, а для уточнения состава и количественной оценки использовали газожидкостную хроматографию. Анализировали неомыляемые фракции исходной культуры дрожжей, а также клеток, суспендированных в молодом пиве, после 30 мин аэрации и последующей выдержки без доступа воздуха в течение 2 ч.

Результаты исследований показали, что раствор стерина при разгонке в тонком слое дает шесть фракций, которые по своему качественному составу сходны у всех анализируемых образцов и представлены следующими соединениями: эргостерин, эргоста-5,7-диен-3-β-ол, фекостерин, эргоста-7,22-диен-3-β-ол, зимостерин и ланостерин с его метилированными производными (рис. 3).

По данным газожидкостной хроматографии в отличие от ТСХ выявлено 5 соединений: сквален, ланостерин, 24(28)-дигидроэргостерин, эргостерин и неидентифицированный компонент (рис. 4, τ<sub>r</sub> – относительное время удерживания по холестерину).

Из представленных результатов видно, что в процессе обработки дрожжей существенно изменяется содержание только двух компонентов: сквалена и эргостерина. Изменение количества ланостерина и 24(28)-дигидроэргостерина менее значительно. В исходных клетках дрожжей, выращенных анаэробно, накапливается эргостерин приблизительно в 2 раза меньше, чем сквалена. Однако предферментационная обработка инокулята кислородом воздуха приводит к снижению доли сквалена (на 23 %) и увеличению эргостерина (на 52 %) и его непосредственных предшественников по отношению к первоначальному значению.

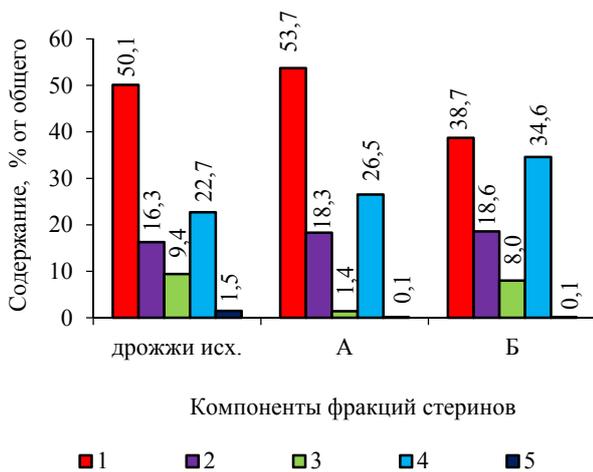


Рисунок 4 – Состав стериновых фракций дрожжей в процессе обработки культуры (А – после 30 мин аэрации, Б – после 2 ч выдержки без доступа воздуха):  
 1 – сквален,  $\tau_i = 0,38$ ; 2 – ланостерин,  $\tau_i = 1,68$ ;  
 3 – 24(28)-дигидроэргостерин,  $\tau_i = 1,55$ ; 4 – эргостерин,  $\tau_i = 1,33$ ; 5 – неидентифицированный компонент,  $\tau_i = 2,10$   
 Figure 4 – Composition of the yeast sterols fractions during the processing of the culture (A – after 30 min of aeration, B – after 2 hours of exposure without air access):  
 1 – squalene,  $\tau_i = 0,38$ ; 2 – lanosterol,  $\tau_i = 1,68$ ;  
 3 – 24 (28)-dihydroergosterol,  $\tau_i = 1,55$ ; 4 – ergosterol,  $\tau_i = 1,33$ ; 5 – unidentified component,  $\tau_i = 2,10$

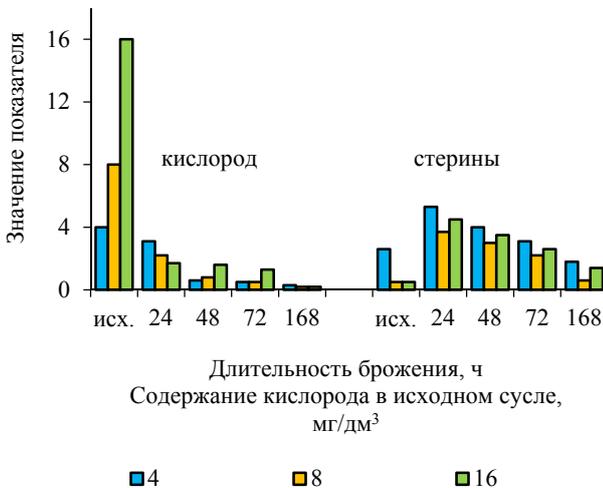


Рисунок 5 – Изменение концентрации кислорода (мг/дм³) в сусле и стеринов (% СВ) в дрожжах в процессе ферментации среды  
 Figure 5 – Change in oxygen concentration (mg/l) in wort and sterols (percentage of dry matter) in yeast during medium fermentation

Таким образом, непродолжительная аэрация микробной биомассы в молодом пиве с последующей выдержкой без доступа воздуха позволяет значительно увеличить содержание в клетках эргостерина и тем самым обеспечить возможность анаэробного роста популяции дрожжей при сбраживании сусле.

В исследуемых образцах присутствует компонент с относительным временем

удерживания  $\tau_i = 2,10$ , который не удалось идентифицировать с использованием имеющихся свидетелей. Соединением с такой величиной  $\tau_i$  должен быть стерин, имеющий молекулярную массу больше, чем ланостерин. Известно, что фермент 24-метилтрансфераза, осуществляющий реакцию метилирования 24 атома углерода боковой цепи стеринов, не имеет строгой субстратной специфичности [4]. Действию данного биокатализатора могут подвергаться различные метилированные предшественники эргостерина, в том числе и ланостерин.

Для установления структуры нераспознанного соединения использовали метод хромато-масс-спектрометрии. В полученном масс-спектре были выявлены пики, соответствующие фрагментации 24-метил-24,25-дигидроланостерина ( $m/z$  200):  $M^+$  440 (24); 425 (61); 407 (20); 273 (5); 259 (16) (первая цифра – отношение массы иона ( $m$ ) к заряду иона ( $z$ ), вторая цифра в скобках – относительная интенсивность основного пика ( $M^+$ )). Такая идентификация подтверждается опубликованным масс-спектром этого соединения [22].

С целью выяснения целесообразности аэрации сбраживаемой среды для синтеза стеринов в дрожжах в сравнении с аэрообработкой инокулята исследовали динамику стеринобразования при ферментации сусле с различным содержанием растворенного кислорода ( $(4,0 \pm 0,5)$ ;  $(8,0 \pm 0,5)$ ;  $(16,0 \pm 0,5)$  мг/дм³). Концентрация кислорода ( $4,0 \pm 0,5$ ) мг/дм³ обеспечивалась за счет естественного растворения его в сусле,  $(8,0 \pm 0,5)$  и  $(16,0 \pm 0,5)$  мг/дм³ – путем дополнительной аэрации среды сжатым воздухом. Сусле с концентрацией  $(4,0 \pm 0,5)$  мг  $O_2$ /дм³ сбраживали инокулятом после предферментационной обработки, два других варианта сусле – исходными дрожжами (без подготовки).

Динамика количественного изменения в дрожжах фактора анаэробного роста в разных условиях снабжения популяции кислородом показывает (рис. 5), что во всех исследуемых вариантах максимум накопления стеринов в клетках достигался в первые 24 ч культивирования.

Наибольшее количество стеринов (5,3 % СВ) содержится в дрожжах, подвергнутых предварительной аэрации, хотя концентрация кислорода в среде незначительна ( $4,0 \pm 0,5$  мг/дм³). В этом случае прирост стеринов в клетках за счет новообразования составил 1,9 % СВ, в вариантах с содержанием кислорода  $(8,0 \pm 0,5)$  и  $(16,0 \pm 0,5)$  мг/дм³ – 3,1 и 4,0 % СВ соответственно. В двух последних образцах основное количество стеринов в дрожжах образовалось непосредственно в ходе культивирования, т.е. дополнительный синтез стеринов зависел от концентрации кислорода в среде. В то же время возрастание уровня кислорода в сусле приводит к снижению прироста стеринов на единицу потребленного кислорода (рис. 6).



Рисунок 6 – Прирост стероидов в дрожжах после 24 ч брожения при разном исходном содержании O<sub>2</sub> в сусле

Figure 6 – Increase of sterols level in yeast after 24 hours of fermentation with different initial oxygen content in wort

Таблица 2 – Изменение количества почкующихся клеток (% от общего) в процессе главного брожения

Table 2 – Change in the budding yeast cells number (as percentage of total number) during the main fermentation

Содержание O <sub>2</sub> в сусле, мг/дм³	Длительность брожения, сут							
	0	1	2	3	4	5	6	7
4	20	48	71	58	50	32	22	12
8	14	45	57	70	53	35	20	14
16	14	50	62	84	60	42	21	10

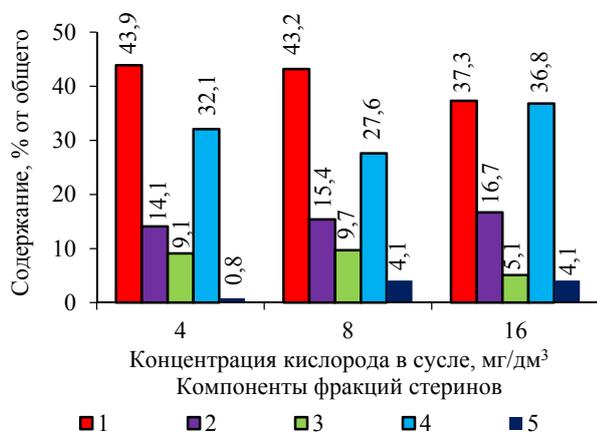


Рисунок 7 – Состав стероидных фракций дрожжей после 7 суток брожения (расшифровку обозначений см. на рис. 4)

Figure 7 – Composition of yeast sterol fractions after 7 days of fermentation (legend is given in Figure 4)

Таблица 3 – Технологические характеристики дрожжей и видимая степень сбраживания сусле (ВСС) в различных условиях снабжения кислородом

Table 3 – Yeast technological characteristics and the apparent degree of wort attenuation under different conditions of oxygen supply

Показатель	Исходный уровень O <sub>2</sub> в сусле, мг/дм³		
	4	8	16
Удельная скорость роста, ч <sup>-1</sup>	0,020	0,023	0,031
Время генерации, ч	33,8	31,2	26,4
Выход клеток, 10 <sup>6</sup> /см <sup>3</sup>	37,1	46,3	58,5
ВСС, %	62,7	63,2	59,1

В дальнейшем, в процессе ферментации, начавшееся размножение дрожжей (табл. 2) приводит к снижению содержания стероидов в результате их перераспределения между материнской и дочерней клетками. Не исключена также возможность использования стероидов и в энергетических процессах [1, 2]. В результате к концу культивирования клетки значительно обедняются стероидами. В образце с аэрацией инокулята и начальным содержанием кислорода в сусле ( $4,0 \pm 0,5$ ) мг/дм<sup>3</sup> стероидов содержалось в 1,9 раза меньше в сравнении с исходным значением (сразу после аэрообработки), но в 1,3 и 3,0 раза больше, чем в дрожжах без подготовки, сбродивших сусле с концентрацией кислорода соответственно ( $16,0 \pm 0,5$ ) и ( $8,0 \pm 0,5$ ) мг/дм<sup>3</sup>.

Результаты ГЖХ показали (рис. 7), что по своему качественному составу стероидные фракции исследуемых дрожжей в вариантах сбраживания сусле с разным исходным содержанием кислорода сходны между собой, однако в количественном отношении различны. В дрожжах, прошедших предферментационную обработку, к 7-м суткам брожения содержание эргостерина на 14 % выше, чем в образце с аэрацией сусле ( $8,0 \pm 0,5$  мг/дм<sup>3</sup>) на тот же период времени, и на 7 и 13 % меньше по сравнению, соответственно, со своей стартовой величиной и вариантом насыщения среды кислородом воздуха ( $16,0 \pm 0,5$ ) мг/дм<sup>3</sup>.

Начальный относительно низкий уровень кислорода ( $4,0 \pm 0,5$  мг/дм<sup>3</sup>) в сусле способствовал накоплению сквалена в дрожжах к концу ферментации на 13 % больше, чем в исходном инокуляте. При последующем засева такой культуры в сусле, даже с минимальным уровнем насыщения кислородом воздуха, исходного материала для синтеза эргостерина, будет достаточно для осуществления нормального процесса размножения биомассы. В то же время в условиях повышенного содержания кислорода ( $(8,0 \pm 0,5)$  и  $(16,0 \pm 0,5)$  мг/дм<sup>3</sup>) дрожжи характеризуются снижением (на 14 и 26 % соответственно) количества сквалена по отношению к первоначальному значению.

Дрожжи после предферментационной подготовки обеспечили интенсивность размножения и глубину сбраживания экстракта сусле при относительно низкой концентрации кислорода в среде ферментации на уровне образца с содержанием кислорода ( $8,0 \pm 0,5$ ) мг/дм<sup>3</sup> (табл. 3), но при меньшем приросте биомассы с учетом исходного засева ( $20 \cdot 10^6$  клеток/см<sup>3</sup>). Полученные результаты позволяют говорить о снижении потребности дрожжевой культуры в кислороде за счет синтеза стероидов на этапе предварительной аэрообработки инокулята.

В варианте с аэрацией сусле на уровне ( $16,0 \pm 0,5$ ) мг/дм<sup>3</sup>, несмотря на высокую удельную скорость размножения дрожжей, видимая степень сбраживания была на 6–7 % меньше, чем в других образцах, что, вероятно, связано с изменением направленности клеточного метаболизма в сторону

конструктивного обмена веществ. Подтверждением является более значительный (в 1,3 и 1,6 раза) выход биомассы по сравнению с использованием уровня кислорода в сусле ( $8,0 \pm 0,5$ ) и ( $4,0 \pm 0,5$ ) мг/дм<sup>3</sup> соответственно.

### Выводы

Таким образом, полученные результаты исследований свидетельствуют, что наиболее благоприятной для синтеза стерина средой инкубирования пивных дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* низового брожения на стадии

предферментационной аэробработки является молодое пиво. Предварительная аэрация инокулята в среде, содержащей углеводы и продукты их деградации, обеспечивает высокий уровень содержания эргостерина в клетках на стадии ферментации при низкой концентрации кислорода в сусле, создавая условия для нормального роста культуры и сбраживания экстрактивных веществ. Это позволяет отказаться от традиционной аэрации суслу и использовать уровень насыщения среды кислородом воздуха, который обеспечивается в результате его естественного растворения.

### Список литературы

1. Гальцова, Р. Д. Стеринообразование у дрожжевых организмов / Р. Д. Гальцова. – М. : Наука, 1980. – 224 с.
2. Валитова, Ю. Н. Растительные стеринны: многообразие, биосинтез, физиологические функции / Ю. Н. Валитова, А. Г. Сулкарнаева, Ф. В. Минибаява // Биохимия. – 2016. – Т. 81, вып. 8. – С. 1050–1068.
3. Yaoita, Y. Terpenoids and sterols from mushrooms / Y. Yaoita, M. Kikuchi, K. Machida // Studies in Natural Products Chemistry. – 2015. – Vol. 44. – P. 1–32. <https://doi.org/10.1007/s13205-014-0220-2>.
4. Localization of the enzymes involved in late stage of ergosterol biosynthesis in yeast / T. Nishimo [et al.] // Journal of Biochemistry. – 1981. – Vol. 89, № 5. – P. 1391–1396.
5. Мысякина, И. С. Роль стерина в морфогенетических процессах и диморфизме грибов / И. С. Мысякина, Н. С. Фунтикова // Микробиология. – 2007. – Т. 76, № 1. – С. 5–18.
6. Dufourc, E. J. The role of phytosterols in plant adaptation to temperature / E. J. Dufourc // Plant Signaling & Behavior. – 2008. – № 3. – P. 133–134. <https://doi.org/10.4161/psb.3.2.505>.
7. Мембранные липиды и углеводы цитозоля у *Aspergillus niger* в условиях осмотического, окислительного и холодного воздействий / Е. А. Януевич [и др.] // Микробиология. – 2016. – Т. 85, № 3. – С. 283–292. <https://doi.org/10.7868/S0026365616030174>.
8. Котельникова, А. В. Биохимия дрожжевых митохондрий / А. В. Котельникова, Р. А. Звягильская. – М. : Наука, 1973. – 239 с.
9. Influence of fatty acid and sterol composition on the lipid phase transition and activity of membrane-bound enzymes in *Acholeplasma laidlawii* / De Kruyff B. [et al.] // Biochimica et Biophysica Acta. – 1973. – Vol. 330. – P. 269–282. [https://doi.org/10.1016/0005-2736\(73\)90232-0](https://doi.org/10.1016/0005-2736(73)90232-0).
10. Lees, N. D. Sterol biochemistry and regulation in the yeast *Saccharomyces cerevisiae* / N. D. Lees, M. Bard // Biochimica et Biophysica Acta. – 2003, December 6. – P. 141–150. [https://doi.org/10.1007/978-3-540-40999-1\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-540-40999-1_7).
11. Sterol regulatory element binding protein is a principal regulator of anaerobic gene expression in fission yeast / B. L. Todd [et al.] // Molecular and Cellular Biology. – 2006. – Vol. 26, № 7. – P. 2817–2831. <https://doi.org/10.1128/MCB.26.7.2817-2831.2006>.
12. Snoek, S. I. Factors involved in anaerobic growth of *Saccharomyces cerevisiae* / S. I. Snoek, H. Y. Steensma // Yeast. – 2007. – Vol. 24, № 1. – P. 1–10. <https://doi.org/10.1002/yea.1430>.
13. Ergosterol synthesis and population analysis of a fed-batch fermentation in *Saccharomyces cerevisiae* / A. Pichová [et al.] // Folia Microbiologica. – 1985. – Vol. 30, № 2. – P. 134–140. <https://doi.org/10.1007/BF02922206>.
14. Ефимова, С. С. Исследование каналообразующей активности полиеновых антибиотиков в липидных бислоях с использованием дипольных модификаторов / С. С. Ефимова, Л. В. Щагина, О. С. Остроумова // Acta Naturae. – 2014. – Т. 6, № 4 (23). – С. 72–85.
15. Пермякова, Л. В. Исследование различных способов снижения потребности дрожжей в кислороде / Л. В. Пермякова // Техника и технология пищевых производств. – 2015. – Т. 38, № 3. – С. 41–50.
16. Annemuller, G. The yeast in the brewery / G. Annemuller, H.-J. Manger, P. Lietz. – Berlin : VLB Berlin, 2011. – 430 p.
17. Jakobsen, M. Oxygen requirements of brewing strains of *Saccharomyces uvarum* (*carlsbergensis*) – bottom fermentation yeast / M. Jakobsen, R. S. W. Thorne // Journal of the Institute of Brewing. – 1980. – Vol. 86, № 6. – P. 284–287. <https://doi.org/10.1002/j.2050-0416.1980.tb06882>.
18. Расы дрожжей для сбраживания плотного суслу / Т. И. Филимонова [и др.] // Пиво и напитки. – 2004. – № 1. – С. 22–23.
19. Косминский, Г. И. Выбор расы пивоваренных дрожжей для безалкогольного пива / Г. И. Косминский, Е. М. Моргунова, О. И. Иванчикова // Пиво и напитки. – 2006. – № 2. – С. 32–33.
20. Зубковская, О. Л. Влияние технологических факторов на сокращение процесса брожения при изготовлении фруктово-ягодных натуральных виноматериалов / О. Л. Зубковская, Т. М. Тананайко, А. Н. Гацевичус // Пищевая промышленность: наука и технологии. – 2014. – № 3 (25). – С. 50–57.
21. The role of oxygen in yeast metabolism during high cell density brewery fermentations / P. J. Verbelen [et al.] // Applied Microbiology and Biotechnology. – 2009. – Vol. 82. – P. 1143–1156. <https://doi.org/10.1007/s00253-009-1909-8>.
22. Михайлова, Н. П. Стерины некоторых мутантов дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*, устойчивых к нистатину / Н. П. Михайлова, А. В. Мосейчук, К. В. Вьюнов // Биотехнология. – 1986. – № 1. – С. 31–35.

23. Starr, P. R. Some factors affecting sterol formation in *Saccharomyces cerevisiae* / P. R. Starr, L. W. Parks // Journal of Bacteriology. – 1962. – Vol. 83, № 5. – P. 1042–1045.
24. Ginova-Stojenova, T. Syntéza ergosterolu a aktivite pivovarských kvasinek / T. Ginova-Stojenova, V. Janeva / Kvasný průmysl. – 1985. – Vol. 31, № 9. – P. 201–204. (In Czech).
25. Basarová, G. Ergosterol v odpadních pivovarských kvasnicích / G. Basarová, L. Löblová // Kvasný průmysl. – 1987. – Vol. 33, № 3. – P. 65–68. (In Czech).
26. Логунова, А. С. Методы выделения и сравнительная характеристика эргостерина, полученного из пивных и хлебопекарных дрожжей / А. С. Логунова, Л. А. Бахолдина // Технологии и оборудование химической, биотехнологической и пищевой промышленности : материалы VIII Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием. – Бийск, 2015. – С. 491–495.
27. Меледина, Т. В. Качество пива: стабильность вкуса и аромата, коллоидная стойкость, дегустация / Т. В. Меледина, А. Т. Дедегкаев, Д. В. Афонин. – СПб. : Профессия, 2011. – 220 с.
28. Kucharczyk, K. The effect of wort aeration on fermentation, maturation and volatile components of beer produced on an industrial scale / K. Kucharczyk, T. Tuszyński // Journal of the Institute of Brewing. – 2017. – Vol. 123, № 1. – P. 31–38. <https://doi.org/10.1002/jib.392>.
29. Рапота, М. О. Влияние фитостероидов на сенсорную стабильность пива / М. О. Рапота, М. Н. Елисеев // Успехи современной науки и образования. – 2016. – Т. 2, № 8. – С. 163–166.
30. Gnaegi, F. Fongicides viticoles et fermentation / F. Gnaegi // Revue Française d'Œnologie. – 1985. – Vol. 25, № 99. – P. 9–13. (In French).
31. Влияние кислорода на кинетику биологических процессов при сбраживании пивного сусла / В. Б. Тишин [и др.] // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2010. – № 4. – С. 29–32.
32. Кейтс, М. Техника липидологии / М. Кейтс. – М. : Мир, 1975. – 322 с.

#### References

1. Gal'tsova R.D. *Sterinoobrazovanie u drozhzhevykh organizmov* [Sterol production by yeast]. Moscow: Nauka Publ., 1980. 224 p.
2. Valitova Yu.N., Sulkarnaeva A.G., Minibaeva F.V. *Rastitel'nyye steriny: mnogoobraziye, biosintez, fiziologicheskiye funktsii* [Plant sterols: Diversity, biosynthesis, and physiological functions]. *Biokhimiya* [Biochemistry], 2016, vol. 81, no. 8, pp. 1050–1068.
3. Yaoita Y., M. Kikuchi, K. Machida. Terpenoids and sterols from mushrooms. *Studies in Natural Products Chemistry*, 2015, vol. 44, pp. 1–32. <https://doi.org/10.1007/s13205-014-0220-2>.
4. Nishimo T., Hata S., Taketani S., Yabusaki Y., Katsuki H. Localization of the enzymes involved in late stage of ergosterol biosynthesis in yeast. *Journal of Biochemistry*, 1981, vol. 89, no. 5, pp. 1391–1396.
5. Mysyakina I.S., Funtikova N.S. Rol' sterinov v morfogeneticheskikh protsessakh i dimorfizme gribov [The role of sterols in plant growth and development]. *Mikrobiologiya* [Microbiology], 2007, vol. 76, no. 1, pp. 5–18.
6. Dufourc E.J. The role of phytosterols in plant adaptation to temperature. *Plant Signaling & Behavior*, 2008, no. 3, pp. 133–134. <https://doi.org/10.4161/psb.3.2.505>.
7. Yanutsevich E.A., Danilova O.A., Groza N.V., Tereshina V.M. Membrannyye lipidy i uglevody tsitozolya u *Aspergillus niger* v usloviyakh osmoticheskogo, okislitel'nogo i kholodovogo vozdeystviy [Membrane lipids and cytosol carbohydrates in *Aspergillus niger* under osmotic, oxidative and cold impact]. *Mikrobiologiya* [Microbiology], 2016, vol. 85, no. 3, pp. 283–292. <https://doi.org/10.7868/S0026365616030174>.
8. Kotel'nikova A.V., Zvyagil'skaya R.A. *Biokhimiya drozhzhevykh mitokhondriy* [Biochemistry of yeast mitochondria]. Moscow: Nauka Publ., 1973. 239 p.
9. De Kruyff B., van Dijck P.W.M., Goldbach R.W., Demel R.A., van Deenen L.L.M. Influence of fatty acid and sterol composition on the lipid phase transition and activity of membrane-bound enzymes in *Acholeplasma laidlawii*. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1973, vol. 330, pp. 269–282.
10. Lees N.D., Bard M. Sterol biochemistry and regulation in the yeast *Saccharomyces cerevisiae*. *Biochimica et Biophysica Acta*, 2003, December 6, pp. 141–150. [https://doi.org/10.1007/978-3-540-40999-1\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-540-40999-1_7).
11. Todd B.L., Stewart E.V., Burg J.S., Hughes A.L., Espenshade P.J. Sterol regulatory element binding protein is a principal regulator of anaerobic gene expression in fission yeast. *Molecular and Cellular Biology*, 2006, vol. 26, no. 7, pp. 2817–2831. <https://doi.org/10.1128/MCB.26.7.2817-2831.2006>.
12. Snoek S.I., Steensma H.Y. Factors involved in anaerobic growth of *Saccharomyces cerevisiae*. *Yeast*, 2007, vol. 24, no. 1, pp. 1–10. <https://doi.org/10.1002/yea.1430>.
13. Pichová A., Beran K., Běhalová B., Zajicek J. Ergosterol synthesis and population analysis of a fed-batch fermentation in *Saccharomyces cerevisiae*. *Folia Microbiologica*, 1985, vol. 30, no. 2, pp. 134–140. <https://doi.org/10.1007/BF02922206>.
14. Efimova S.S., Shchagina L.V., Ostroumova O.S. Issledovaniye kanaloobrazuyushchey aktivnosti poliyenovykh antibiotikov v lipidnykh bisloyakh s ispol'zovaniyem dipol'nykh modifikatorov [Investigation of the channel-forming activity of polyene antibiotics in lipid bilayers using dipolar modifiers]. *Acta Naturae*, 2014, vol. 6, no. 4 (23), pp. 72–85.
15. Permyakova L.V. Issledovaniye razlichnykh sposobov snizheniya potrebnosti drozhzhey v kislorode [Investigation of different ways of reducing the oxygen requirement of yeast]. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv* [Food Processing: Techniques and Technology], 2015, vol. 38, no. 3, pp. 41–50.
16. Annemuller G., Manger H.-J., Lietz P. *The yeast in the brewery*. Berlin: VLB Berlin, 2011. 430 p.

17. Jakobsen M., Thorne R.S.W. Oxygen requirements of brewing strains of *Saccharomyces uvarum* (*carlsbergensis*) – bottom fermentation yeast. *Journal of the Institute of Brewing*, 1980, vol. 86, no. 6, pp. 284–287. <https://doi.org/10.1002/j.2050-0416.1980.tb06882>.
18. Filimonova T.I., Borisenko O.A., Ryzhova T.P., Kobelev K.V. Rasy drozhzhey dlya sbrazhivaniya plotnogo susla [Yeast races for fermenting dense wort]. *Pivo i napitki* [Beer and Beverages], 2004, no. 1, pp. 22–23.
19. Kosminskiy G.I., Morgunova E.M., Ivanchikova O.I. Vybór rasy pivovarennykh drozhzhey dlya bezalkogol'nogo piva [Choosing a brewing yeast race for nonalcoholic beer]. *Pivo i napitki*, 2006, no. 2, pp. 32–33.
20. Zubkovskaya O.L., Tananaiko T.M., Gatsevichus A.N. Vliyaniye tekhnologicheskikh faktorov na sokrashcheniye protsessa brozheniya pri izgotovlenii fruktovo-yagodnykh natural'nykh vinomaterialov [The impact of technological factors on the reduction of fermentation during production of fruit-and-berry natural wine materials]. *Pishchevaya promyshlennost': nauka i tekhnologii* [Food Processing Industry: Science and Technology], 2014, no. 3(25), pp. 50–57.
21. Verbelen P.J., Saerens M.G., Van Mulders S.E. Delvaux F., Delvaux F.R. The role of oxygen in yeast metabolism during high cell density brewery fermentations. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 2009, vol. 82, pp. 1143–1156. <https://doi.org/10.1007/s00253-009-1909-8>.
22. Mikhaylova N.P., Moseychuk A.V., V'yunov K.V. Steriny nekotorykh mutantov drozhzhey *Saccharomyces cerevisiae*, ustoychivyykh k nistatinu [Sterols of some yeast *Saccharomyces cerevisiae* mutants resistant to nystatin]. *Biotehnologiya* [Biotechnology], 1986, no. 1, pp. 31–35.
23. Starr P.R., Parks L.W. Some factors affecting sterol formation in *Saccharomyces cerevisiae*. *Journal of Bacteriology*, 1962, vol. 83, no. 5, pp. 1042–1045.
24. Ginova-Stojenova T., Janeva V. Syntéza ergosterolu a aktivite pivovarskýh kvasinek [Synthesis of ergosterol and activity of brewing yeasts]. *Kvasný průmysl* [Kvasny Prumysl], 1985, vol. 31, no. 9, pp. 201–204. (In Czech).
25. Basarová G., Löblová L. Ergosterol v odpadních pivovarských kvasnicích Ergosterol in brewing yeasts. *Kvasný průmysl* [Kvasny Prumysl], 1987, vol. 33, no. 3, pp. 65–68. (In Czech).
26. Logunova A.S., Baholdina L.A. Metody vydeleniya i sravnitel'naya kharakteristika ergosterina, poluchennogo iz pivnykh i khlebopekarnykh drozhzhey [Methods of isolation and comparative characteristics of ergosterol obtained from beer and baker's yeast]. *Materialy VIII Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchenykh s mezhdunarodnym uchastiyem "Tekhnologii i oborudovaniye khimicheskoy, biotekhnologicheskoy i pishchevoy promyshlennosti"* [Proceedings of VIII All-Russian international applied research conference of students, post-graduate students and young scientists "Technologies and equipment of chemical, biotechnological and food industries"]. Biysk, 2015, pp. 491–495.
27. Meledina T.V., Dedegkaev A.T., Afonin D.V. *Kachestvo piva: stabil'nost' vkusa i aromata, kolloidnaya stoylost', degustatsiya* [Beer quality: taste and flavor stability, colloidal stability, degustation]. St.Petersburg: Professiya Publ., 2011. 220 p.
28. Kucharczyk K., Tuszyński T. The effect of wort aeration on fermentation, maturation and volatile components of beer produced on an industrial scale. *Journal of the Institute of Brewing*, 2017, vol. 123, no.1, pp. 31–38. <https://doi.org/10.1002/jib.392>.
29. Rapota M.O., Eliseev M.N. Vliyaniye fitosterinov na sensornuyu stabil'nost' piva [The influence of phytosterols on the sensor stability of beer]. *Uspekhi sovremennoy nauki i obrazovaniya* [Successes of Modern Science and Education], 2016, vol. 2, no. 8, pp. 163–166.
30. Gnaegi F. Fongicides viticoles et fermentation. *Revue Française d'Œnologie*, 1985, vol. 25, no. 99, pp. 9–13. (In French).
31. Tishin V.B., Tamazyan G.A., Ogannisyan V.G., Meledina T.V. Vliyaniye kisloroda na kinetiku biologicheskikh protsessov pri sbrazhivanii pivnogo susla [The effect of oxygen on the kinetics of biological processes during fermentation of beer wort]. *Khraneniye i pererabotka sel'khozsy'r'ya* [Storage and processing of farm products], 2010, no. 4, pp. 29–32.
32. Cates M. *Techniques of lipidology. isolation, analysis and identification of lipids*. New York, Wiley, 1974. 521 p. (Russ. ed.: Cates M. *Tekhnika lipidologii*. Moscow, Mir Publ., 1975. 322 p.).

**Пермякова Лариса Викторовна**

канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры технологии бродильных производств и консервирования, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (3842) 39-68-55, e-mail: delf-5@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-1996-8903>

**Larisa V. Permyakova**

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Technology of Fermentation Production and Conservation, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-55, e-mail: delf-5@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-1996-8903>



<https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-2-100-108>  
УДК 663.4

## МОЛОЧНОКИСЛЫЕ БАКТЕРИИ РОДА *LACTOBACILLUS* В ФОРМИРОВАНИИ ВКУСОАРОМАТИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ КИСЛЫХ ЭЛЕЙ

О. И. Пономарева, Е. В. Борисова\* , И. П. Прохорчик

ФГБОУ ДПО «Санкт-Петербургский институт  
управления и пищевых технологий»,  
191186, Россия, г. Санкт-Петербург,  
наб. канала Грибоедова, 7

Дата поступления в редакцию: 01.03.2018

Дата принятия в печать: 21.05.2018

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



© О. И. Пономарева, Е. В. Борисова, И. П. Прохорчик, 2018

**Аннотация.** Кислые эли получили широкое распространение в Европе начиная с XVII века. Эти напитки и сегодня сохраняют популярность в Германии, Бельгии, Англии и других европейских странах. Интерес к кислым элям в последнее время неуклонно растет и в России. Цель данной работы заключалась в систематизации и обобщении научных данных литературы и результатов практического использования молочнокислых бактерий рода *Lactobacillus* в технологии изготовления кислых элей и формировании вкусоароматического профиля готового напитка. Объектами исследований являлись биохимические и биотехнологические свойства молочнокислых бактерий рода *Lactobacillus*, наиболее часто используемых в приготовлении кислых элей: *L. delbrueckii*, *L. brevis*, *L. buchneri*, *L. fermentum*, *L. plantarum*. Результаты изучения состава кислых элей методами газовой хроматографии, твердофазной микроэкстракции, жидкостной хроматографии, масс-спектрометрии показывают, что они имеют многокомпонентный состав. Так, в кислых элях стилей Lambic и Gueuze идентифицировано 64 летучих соединения. Для формирования вкуса и аромата кислых элей наиболее важными компонентами, синтезируемыми в процессе молочнокислого брожения, являются высшие спирты, сложные эфиры, органические кислоты, диметилсульфид и диацетил. Концентрации данных компонентов в значительной степени определяются видом молочнокислых бактерий. В статье обобщены и систематизированы литературные данные, касающиеся биохимических и биотехнологических свойств различных видов молочнокислых бактерий рода *Lactobacillus*, используемых для производства кислых элей. Приведены концентрации основных и побочных продуктов брожения, синтезируемых данными видами молочнокислых бактерий, указаны соответствующие им вкусовые и ароматические ощущения в соответствии с терминологией Европейской пивоваренной конвенции (ЕВС).

**Ключевые слова.** Кислые эли, сусло, молочнокислые бактерии, побочные продукты брожения, вкусоароматические ощущения

**Для цитирования:** Пономарева, О. И. Молочнокислые бактерии рода *Lactobacillus* в формировании вкусоароматического профиля кислых элей / О. И. Пономарева, Е. В. Борисова, И. П. Прохорчик // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 2. – С. 100–108. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-2-100-108>.

## LACTIC ACID BACTERIA OF THE GENUS *LACTOBACILLUS* IN THE FORMATION OF SOUR ALES FLAVOR PROFILE

O.I. Ponomareva, E.V. Borisova\* , I.P. Prokhorchik

Saint Petersburg Institute of Management  
and Food Technology,  
7, kanala Griboedova nab., Saint Petersburg, 191186, Russia

Received: 01.03.2018

Accepted: 21.05.2018

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



© O.I. Ponomareva, E.V. Borisova, I.P. Prokhorchik, 2018

**Abstract.** Sour ales have become widely spread in Europe since XVII century. These drinks are still popular in Germany, Belgium, England and other European countries. Interest in sour ales has been growing steadily in Russia. The purpose of this work was to systematize and generalize scientific data and the results of practical use of lactic acid bacteria of the genus *Lactobacillus* in sour ales production technology and in the formation of the ready beverage flavor profile. The subjects of the research were biochemical and biotechnological properties of lactic acid bacteria of the genus *Lactobacillus* frequently used in sour ales production, namely, *L. delbrueckii*, *L. brevis*, *L. buchneri*, *L. fermentum*, *L. plantarum*. The results of studying sour ales composition by means of gas chromatography, solid phase microextraction, liquid chromatography, and mass spectroscopy show that they have complex compositions. Thus, sour ales of Lambic and Gueuze groups have 64 volatile compounds. Taste and aroma of sour ales are mostly formed by the most important components synthesized during lactic-acid fermentation. They are higher alcohols, complex esters, organic acids, dimethyl sulfide and diacetyl. Concentration of these components is mainly determined by the type of lactic acid bacteria. The article generalizes and systematizes scientific data concerning biochemical and biotechnological properties of different types of lactic acid bacteria of the genus *Lactobacillus* used for sour ale production. The article reveals concentrations of the main products and by-products synthesized by the given types of lactic acid bacteria during fermentation. The author points out corresponding taste and aroma sensations according to terminology used in European Brewing Convention (EBC).

**Keywords.** Sour ales, beer wort, lactic acid bacteria, fermentation by-products, flavor sensations

**For citation:** Ponomareva O.I., Borisova E.V., Prokhorchik I.P. Lactic acid bacteria of the genus *Lactobacillus* in the formation of sour ales flavor profile. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2018, vol. 48, no. 2, pp. 100–108 (In Russ.). <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-2-100-108>.

### Введение

Кислые эли, популярные в Германии, Бельгии, Англии, отличаются характерным тонким фруктовым или травяным ароматом, приятной кислинкой и ярко выраженным освежающим эффектом. В связи с развитием крафтового пивоварения кислые эли приобрели широкое распространение и во многих других странах Европы, в Америке и в России.

Для приготовления кислых элей используют молочнокислые бактерии рода *Lactobacillus*, обычно в сочетании с дрожжами *Saccharomyces cerevisiae* или с дрожжами рода *Brettanomyces*.

Цель данной работы заключалась в обобщении и систематизации литературных данных, касающихся: биохимических и биотехнологических свойств различных видов молочнокислых бактерий рода *Lactobacillus*, используемых для производства кислых элей; синтеза основных и побочных продуктов молочнокислого брожения, формирующих вкусоароматический профиль готового напитка.

### Объекты и методы исследования

Виды молочнокислых бактерий, используемые в молочной промышленности, не рекомендуется применять для приготовления кислых элей, т. к. они синтезируют диацетил в концентрациях, превышающих порог его ощущения (100–140 мг/дм<sup>3</sup>), и напиток приобретает масляный и/или прогорклый запах [1–7].

Объектами исследований являлись биохимические и биотехнологические свойства молочнокислых бактерий видов *L. delbrueckii*, *L. brevis*, *L. buchneri*, *L. fermentum*, *L. plantarum*, которые наиболее часто используют в технологии приготовления кислых элей.

На основании анализа, группировки и обобщения научных данных и практического опыта получена систематизированная информация, касающаяся биотехнологических свойств молочнокислых бактерий и особенностей ферментирования ими углеводов пивного сусла в различных условиях культивирования. Приведены концентрации основных и побочных продуктов брожения, синтезируемых различными видами

молочнокислых бактерий рода *Lactobacillus*, указаны соответствующие им вкусовые и ароматические ощущения при дегустации готового напитка в соответствии с терминологией Европейской пивоваренной конвенции (ЕВС).

### Результаты и их обсуждение

Молочнокислые бактерии рода *Lactobacillus* являются хемоорганотрофными микроорганизмами, для метаболизма которых источником энергии служат внутриклеточные реакции окисления химических соединений органической природы [8–15].

Наличие растворенного в сусле кислорода ингибирует размножение молочнокислых бактерий, поэтому перед инокуляцией сусло целесообразно деаэрировать, например методом барботирования диоксидом углерода, что способствует активации синтеза молочной кислоты.

Основные биохимические и биотехнологические характеристики молочнокислых бактерий рода *Lactobacillus*, используемых в производстве кислых элей, приведены в табл. 1–3 [1–3, 8–16].

Большинство видов молочнокислых бактерий ферментируют преимущественно гексозы. Вид *L. plantarum* обладает способностью к сбраживанию пентоз: рибозы, ксилозы, арабинозы. Особенностью молочнокислых бактерий *L. buchneri* является его способность ферментировать мелицитозу. Некоторые штаммы вида *L. delbrueckii* могут сбраживать галактозу [8–15].

В зависимости от синтезируемых продуктов метаболизма молочнокислые бактерии дифференцируют на гомоферментативные и гетероферментативные.

При гомоферментативном брожении основным продуктом метаболизма является молочная кислота, доля которой составляет более 90 % от общего количества метаболитов. В процессе же гетероферментативного брожения синтезируется значительное количество летучих кислот, участвующих в формировании вкусоароматического профиля напитка. Их доля может достигать 15 % от общего количества кислот (рис. 1) [1, 8, 10, 11, 14, 15].

Таблица 1 – Способность различных видов молочнокислых бактерий к сбраживанию основных углеводов пивного сусла  
Table 1 – Ability of different types of lactic acid bacteria to ferment the main carbohydrates in the beer wort

Углеводы	Род <i>Lactobacillus</i>				
	<i>L. delbrueckii</i>	<i>L. brevis</i>	<i>L. buchneri</i>	<i>L. fermentum</i>	<i>L. plantarum</i>
Глюкоза	+	+	+	+	+
Сахароза	±	±	+	±	+
Мальтоза	±	±	+	+	+
Раффиноза	–	–	+	±	+
Синтез CO <sub>2</sub> при сбраживании глюкозы					
	–	+	+	+	±

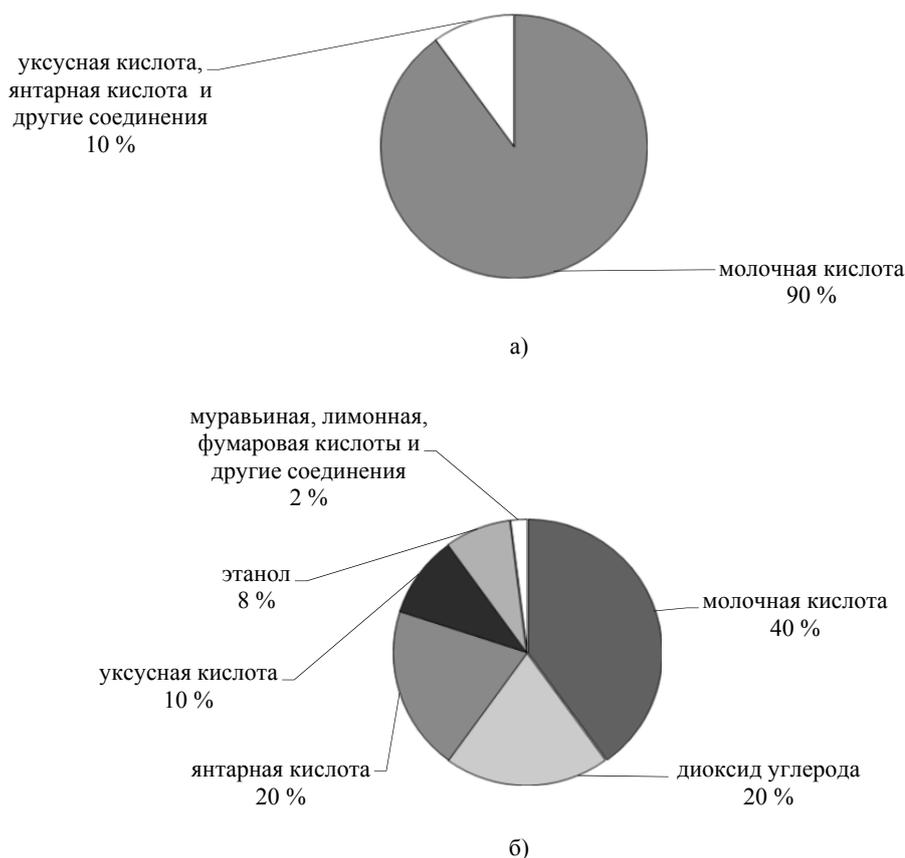


Рисунок 1 – Соотношение продуктов метаболизма молочнокислого брожения: а) гомоферментативного; б) гетероферментативного

Figure 1 – Correlation of lactic-acid fermentation metabolism products: a) homofermentative process; b) heterofermentative process

Таблица 2 – Основные биотехнологические характеристики гомоферментативных и гетероферментативных молочнокислых бактерий

Table 2 – The main biotechnological characteristics of homofermentative and heterofermentative lactic acid bacteria

Параметры	Род <i>Lactobacillus</i>				
	<i>L. delbrueckii</i>	<i>L. brevis</i>	<i>L. buchneri</i>	<i>L. fermentum</i>	<i>L. plantarum</i>
Тип брожения	гомоферментативный	гетероферментативный			гомо/гетероферментативный
Оптимальная температура размножения, °С	32–50	30	37	37–40	30
Температура прекращения размножения, °С	min 20 max 65	min 15 max 45	min 10 max 45	min 15 max 45	min 10 max 45
Оптимальные значения pH	5,0–6,0	4,0–6,0	5,5–6,2	5,0–6,0	5,0–6,0
pH прекращения размножения	min 3,0 max 7,0	min 3,0 max 8,0	min 5,0 max 6,5	min 3,0 max 8,0	min 3,0 max 7,5

Таблица 3 – Некоторые биотехнологические характеристики молочнокислых бактерий, используемых для приготовления кислых элей

Table 3 – Some biotechnological characteristics of lactic acid bacteria used in sour ale production

Вид <i>Lactobacillus</i>				
<i>L. delbrueckii</i>	<i>L. brevis</i>	<i>L. buchneri</i>	<i>L. fermentum</i>	<i>L. plantarum</i>
Высокая интенсивность кислотообразования. Некоторые штаммы выдерживают кратковременную пастеризацию (85–90 °С). Устойчивы к этанолу до 14 %	Диацетил не синтезируют, но образуют глицерин. Устойчивы к горьким кислотам хмеля. Некоторые штаммы устойчивы к этанолу до 15 %	Синтезируют пропионовую кислоту, пропанол. Разлагают молочную кислоту на уксусную кислоту и 1,2-пропан-диол. Чувствительны к низким температурам и этанолу	Синтезируют этиловый спирт. Размножение происходит в широком диапазоне значений pH	Синтезируют глицерин и бутандиол-2,3, янтарную кислоту. Устойчивы к этанолу до 20 %

Некоторые штаммы вида *L. delbrueckii*, отличающиеся высокой кислотообразующей способностью, используют в качестве целевого продуцента пищевой молочной кислоты, выход которой достигает 93,9–95,2 % [1, 2, 8–18].

Установлено, что отдельные виды и штаммы гомоферментативных молочнокислых бактерий способны переключать свой метаболизм с гомоферментативного на гетероферментативный в зависимости от количества растворенного в питательной среде кислорода или диоксида углерода, а также кислотности питательной среды, температуры и других параметров [1, 2, 6, 8–11, 14–16, 18]. Таким свойством обладает, например, вид *L. plantarum*, который перестраивает свой метаболизм с гетероферментативного на гомоферментативный в отсутствие растворенного в среде кислорода [1, 2, 8, 14, 15, 18].

Таким образом, для приготовления напитка с выраженным кислым вкусом и с наименьшим количеством ароматических веществ, т. е. с «чистым» ароматом, целесообразно использовать гомоферментативные культуры молочнокислых бактерий *L. delbrueckii*. Для приготовления же сортов кислого эля с более сложным ароматом и «сглаженным» кислым вкусом, используют гетероферментативные молочнокислые бактерии *L. brevis*, *L. buchneri*, *L. fermentum*.

В ряде работ приведены результаты исследований влияния температуры на синтез органических кислот и других продуктов метаболизма молочнокислого брожения, выполненных методами ядерно-магнитного резонанса и газовой хроматографии [18, 19]. Температурный диапазон жизнедеятельности молочнокислых бактерий довольно широк, при температуре ниже 20 °С интенсивность метаболических процессов снижается практически у всех видов молочнокислых бактерий: уменьшается количество ДНК; нарушается репликация ДНК и РНК; происходят изменения в транскрипции и синтезе белка [17]. Некоторые виды *Lactobacillus* способны размножаться даже при температуре 2–5 °С [8, 9, 14–16].

Для размножения молочнокислых бактерий наиболее благоприятны питательные среды с начальными значениями рН 5,4–6,4. При более высоких либо более низких значениях рН скорость размножения всех видов бактерий рода *Lactobacillus* снижается [8, 11, 14, 15].

Наиболее важными побочными продуктами брожения, формирующими вкус и аромат традиционных сортов пива, а также кислых элей, являются высшие спирты, сложные эфиры, органические кислоты, диметилсульфид и диацетил.

В отличие от традиционных лагерных сортов пива (полученных в результате низового брожения с последующим дображиванием при низких температурах), в кислых элях, например стилей Lambic и Gueuze, отличительными компонентами

являются этиловые эфиры высших спиртов, жирных кислот – капроновой, каприловой и каприновой. Жирные кислоты – пропионовая и масляная – содержатся в кислых элях в более высоких концентрациях, чем в традиционных сортах пива [1–3, 5–7, 18, 19].

Важно отметить, что основное количество кислот молочнокислые бактерии синтезируют в экспоненциальной фазе размножения, в то время как в стационарной фазе и фазе затухания размножения уровень синтеза кислот снижается, причем их количество зависит от вида бактерий (рис. 2) [1, 2].

Порог ощущения молочной и уксусной кислот составляет 400 и 130 мг/дм<sup>3</sup> соответственно [20].

Молочная, уксусная, янтарная, лимонная, яблочная и другие кислоты в сочетании придают напитку эффект терпкости во вкусе. При дегустации кислых элей в первую очередь ощущается их кислотность, которая воспринимается задними кромками и корнем языка, а также внутренними сторонами щек. Очень важно в начале дегустации сделать два-три глотка, чтобы привыкнуть к высокой кислотности напитка, только после этого возможно оценить сложность его вкуса и аромата [1, 2, 5–7, 21].

В формировании вкусоароматического профиля кислых элей участвуют эфиры, спирты, карбонильные соединения – альдегиды и кетоны, которые ассоциируются с запахами свежескошенной травы или листьев, ароматом ананасов, зеленых яблок, а также придают напитку масляный, сивушный или запах растворителя [12, 20, 22–26].

Этиловые эфиры, синтезируемые на стадии дображивания, дополняют сенсорный профиль готового напитка. Скорость синтеза этиловых эфиров и их количество зависят от концентраций ацил-СоА-оксидазы и сивушных спиртов, а также от активности культуры *Lactobacillus* [1, 2, 22]. Клетки *L. brevis* синтезируют этиловый эфир уксусной кислоты этилацетат в концентрациях, сопоставимых с порогом его ощущения – 25 мг/дм<sup>3</sup>, что придает напитку аромат зеленых яблок. В пиве же низового брожения содержание этилацетата в среднем составляет 18–19 мг/дм<sup>3</sup> [1, 2, 20].

Бактерии видов *L. plantarum* и *L. brevis* синтезируют глицерин, который в значительной степени отвечает за полноту вкуса напитка [1, 2, 14–16], капроновую кислоту в количестве 0,25–0,32 мг/дм<sup>3</sup>, вкусовой порог которой составляет 5,4 мг/дм<sup>3</sup> [1, 2, 4–6].

Вместе с тем бактерии *L. plantarum* синтезируют значительно больше ацетона, ацетальдегида и диацетила, чем *L. brevis* [1, 2]. Диацетил придает напитку масляный, молочный, сладко-молочный и прогорклый вкус. В незначительных количествах *L. plantarum* синтезируют летучие и нелетучие органические кислоты, спирты и некоторые другие соединения.

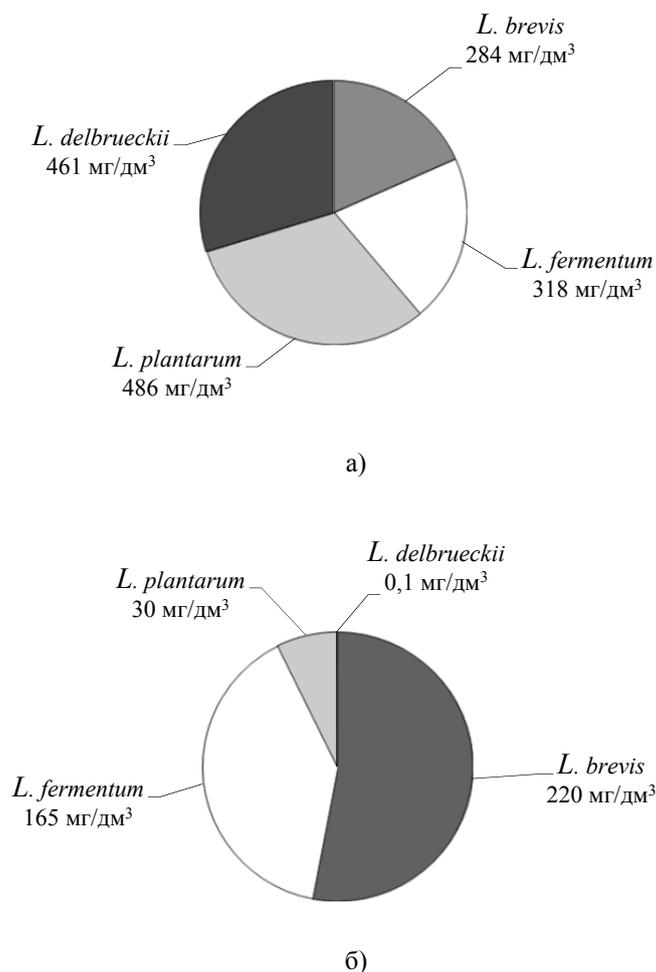


Рисунок 2 – Количество кислот, синтезируемых различными видами молочнокислых бактерий рода *Lactobacillus*: а) молочной; б) уксусной

Figure 2 – Quantity of acids synthesized by different types of lactic acid bacteria of the genus *Lactobacillus*: а) lactic acid; б) acetic acid

В табл. 4–7 приведены продукты молочнокислого брожения и соответствующие им вкусовые и ароматические ощущения, характеризующие ассоциативными терминами [1, 2, 14–16, 20, 23–26].

В процессе хранения кислых элей их вкус и аромат претерпевают существенные изменения. Например, вкус солодового суслу, свежесброженного бактериями *L. plantarum*, характеризуется ассоциативными терминами «масло» и «мед», а через несколько недель хранения – терминами «йогурт» и «кислый». Вкус солодового суслу после сбраживания бактериями *L. brevis* характеризуется ассоциативным термином «соевый соус», а после некоторой выдержки – терминами «дрожжевой» и «сидровый» [1–6, 23–26].

Сбраживание суслу молочнокислыми бактериями иногда сопровождается появлением нежелательных для напитка запахов – «влажного подвала», «леса после ливня», «мучного», «хлебного». Для их нейтрализации используют хмель, фрукты и/или ягоды – персики, ананасы, сливу, виноград, черную смородину, малину, вишню [1, 2, 4–6, 24–26].

С помощью методов газовой и жидкостной хроматографии, твердофазной микроэкстракции,

масс-спектрометрии установлено, что кислые эли имеют многокомпонентный состав [18, 19, 21]. Так, в составе элей стилей Lambic и Gueuze идентифицировано 64 летучих соединения [21]. При изучении побочных продуктов брожения, синтезируемых различными штаммами *L. plantarum*, в ячменных солодовых напитках были выявлены следующие соединения и определены соответствующие им вкусовые и ароматические ассоциации: фуранеол – «ананас», «земляника»; фенилуксусная кислота – «мед»; 2-фенилэтанол – «цветы», «роза»; 4-винилгваякол – «гвоздика»; сотолон – «пажитник», «карамель», «жженный сахар», «ванилин»; гваякол – «дым»; этил-2-метилбутаноат – «фрукты».

Таким образом, вкусоароматический профиль кислых элей формируется за счет основных и побочных продуктов метаболизма молочнокислого брожения, сложность состава и количество которых определяется видом молочнокислых бактерий рода *Lactobacillus*.

Обобщенные и систематизированные данные: биохимические и биотехнологические свойства конкретных видов молочнокислых бактерий рода *Lactobacillus*, используемых

для производства кислых элей; состав и количественные значения основных и побочных продуктов молочнокислого брожения, синтезируемых ими; соответствующие продуктам брожения вкусовые и ароматические ощущения

помогут производителям в выборе исследованных видов молочнокислых бактерий, что, в свою очередь, позволит в значительной степени обеспечить заданный вкусоароматический профиль готового напитка.

Таблица 4 – Эфиры, синтезируемые молочнокислыми бактериями рода *Lactobacillus*, и соответствующие им ассоциативные термины

Table 4 – Esters synthesized by lactic acid bacteria of the genus *Lactobacillus* and corresponding associative terminology

Эфиры	<i>L. plantarum</i>	<i>L. delbrueckii</i>	<i>L. brevis</i>	<i>L. fermentum</i>	Ассоциативные термины (воспринимаемые вкус, аромат, ощущения во рту)	Номер термина 1-го и 2-го уровней
Уксусно-этиловый	+/-	+++	+	+	фруктовый во вкусе и аромате, при высоких концентрациях похож на растворитель	0133
Уксусно-пропиловый	+	+	+	+	грушевый, легкий фруктовый	0146
Этиловый эфир пропионовой кислоты	+	+	+	+	ананас, киви во вкусе и аромате	0140

Таблица 5 – Спирты, синтезируемые молочнокислыми бактериями рода *Lactobacillus*, и соответствующие им ассоциативные термины

Table 5 – Alcohols synthesized by lactic acid bacteria of the genus *Lactobacillus* and corresponding associative terminology

Спирты	<i>L. plantarum</i>	<i>L. delbrueckii</i>	<i>L. brevis</i>	<i>L. fermentum</i>	Ассоциативные термины (воспринимаемые вкус, аромат, ощущения во рту)	Номер термина 1-го и 2-го уровней
предельные одноатомные спирты						
1-гексанол	+	+	+	+	свежескошенной травы, легкий фруктовый	0230
1-гептанол	+	–	–	–	зеленой травы	0231
1-октанол	–	–	+/-	–	фруктово-цветочный, апельсиновый, сладкий, сладко-мыльный	0140
1-пропанол	*	*	–	–	апельсин, абрикос, банан; при высоких концентрациях – жжение, запах алкоголя	0110
высшие спирты						
2-метил-1-пентанол	*	*	+	–	землистый, затхлый, грязный	0840
3-гексен-1-ол	*	*	–	–	вкус и аромат свежескошенной зеленой травы и листьев	0231
3-метил-1-бутанол	+	–	–	–	запах алкоголя, изоамилового спирта, винный	0112

Таблица 6 – Альдегиды, синтезируемые молочнокислыми бактериями рода *Lactobacillus*, и соответствующие им ассоциативные термины

Table 6 – Aldehydes synthesized by lactic acid bacteria of the genus *Lactobacillus* and corresponding associative terminology

Альдегиды	<i>L. plantarum</i>	<i>L. delbrueckii</i>	<i>L. brevis</i>	<i>L. fermentum</i>	Ассоциативные термины (воспринимаемые вкус, аромат, ощущения во рту)	Номер термина 1-го и 2-го уровней
Ацетальдегид	+	+	+	+/-	во вкусе и аромате зеленые яблоки, яблочная кожура	0150
Бензальдегид	*	–	–	–	миндальный, запах и привкус марципана и миндального масла	0224
Гексаналь	+++	+/-	+	+	травянистый	0230
3-метил-гексаналь	+/-	–	*	*	сильный фруктовый запах и вкус	0140
Гептаналь	+	–	+	+/-	маслянистый	0140
Транс-2-гептаналь	+	–	+	–	плесневый, сырого картофеля	0840
Октаналь	+	+	+	+	фруктовый, цитрусовый во вкусе и аромате	0141
Нонаналь	+	+/-	+	+	овощной, переспелых овощей	0730

Таблица 7 – Диацетил и алканы, синтезируемые молочнокислыми бактериями рода *Lactobacillus*, и соответствующие им ассоциативные терминыTable 7 – Diacetyl and alkanes synthesized by lactic acid bacteria of the genus *Lactobacillus* and corresponding associative terminology

Вещества	<i>L. plantarum</i>	<i>L. delbrueckii</i>	<i>L. brevis</i>	<i>L. fermentum</i>	Ассоциативные термины (воспринимаемые вкус, аромат, ощущения во рту)	Номер термина 1-го и 2-го уровней
кетон						
Диацетил	+/-	+/-	-	-	масляный, молочный, сладко-молочный, прогорклый	0620
алканы						
Гексан	+	+	+	+	растворитель, сладкий	0130
Гептан	+	+	+/-	+/-	растворитель, сивушный	0130
Октан	+	+	*	*	растворитель, сивушный	0130

+ средний уровень синтеза вещества;

+/- следовые количества вещества;

- вещество не синтезируется;

\* данные в литературе отсутствуют.

+ average level of substance synthesis;

+/- trace amounts of the substance;

- the substance is not produced;

\* the data are not available in the considered literature.

### Список литературы

1. American Sour Beers: innovative techniques for mixed fermentations / M. Tonsmeire ed. – Boulder : Brewers Publications, 2014. – 424 p.
2. Geuze & Kriek: The Secret of Lambic Beer / J. Van den Steen ed. – Tiel : Lannoo Publishers, 2012. – 192 p.
3. Martens, H. Microbiological aspects of a mixed yeast – bacterial fermentation in the production of a special Belgian acidic ale / H. Martens, D. Iserentant, H. Verachtert // Journal of the Institute of Brewing. – 1997. – Vol. 103. – P. 85–91. <https://doi.org/10.1002/j.2050-0416.1997.tb00939.x>.
4. Heath, H. V. Source Book of Flavors / H. V. Heath // Dordrecht : Springer Netherlands, 1981. – 864 p.
5. More beer – beer making kits and home brewing supplies [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.morebeer.com/articles>. – Дата доступа: 15.02.2018.
6. Sour Beer Blog-sour beer and brewing education for both home and craft brewers [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://sourbeerblog.com/category/brewing-topics>. – Дата доступа: 15.02.2018.
7. A Ph.D. in Beer – A Study of Beer and Fermentation Science [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://phdinbeer.com>. – Дата доступа: 15.02.2018.
8. Квасников, Е. И. Молочнокислые бактерии и пути их использования / Е. И. Квасников, О. А. Нестеренко. – М. : Наука, 1975. – 384 с.
9. Красникова, Л. В. Микробиология молока и молочных продуктов / Л. В. Красникова, П. И. Гунькова, В. В. Маркелова. – СПб. : НИУ ИТМО ; ИХиБТ, 2013. – 85 с.
10. Исаева, В. С. Краткий атлас посторонних микроорганизмов в пивоваренном производстве / В. С. Исаева, Н. Н. Раттель, Т. Н. Волкова. – М. : 1997. – 96 с.
11. Яруллина, Д. Р. Бактерии рода *Lactobacillus*: общая характеристика и методы работы с ними / Д. Р. Яруллина, Р. Ф. Фахруллин. – Казань : Казанский университет, 2014. – 51 с.
12. Афанасьева, О. В. Микробиологический контроль хлебопекарного производства / О. В. Афанасьева. – М. : Пищевая промышленность, 1976. – 145 с.
13. Беспоместных, К. В. Исследование биохимических и морфологических свойств штаммов бактерий рода *Lactobacillus* / К. В. Беспоместных, А. Г. Галстян, Е. В. Короткая // Техника и технология пищевых производств. – 2011. – № 2. – С. 94–98.
14. Handbook of Brewing / F. G. Priest, G. G. Stewart eds. – 2nd ed. – Boca Raton : CRC Press, 2006. – 872 p.
15. Lactic Acid Bacteria: Microbiological and Functional Aspects / S. Lahtinen [et al.] eds. – 4th ed. – Boca Raton : CRC Press. – 2012. – 798 p.
16. Lactic Acid Bacteria Fundamentals and Practice / H. Zhang, Y. Cai eds. – Dordrecht : Springer, 2014. – 535 p.
17. Biochemistry and physiology of sour dough lactic acid bacteria / M. Gobbetti [et al.] // Trends in Food Science and Technology. – 2005. – Vol. 16. – P. 57–69. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2004.02.013>.
18. Quantification of organic acids in beer by nuclear magnetic resonance (NMR)-based methods / J. E. Rodrigues [et al.] // Analytica Chimica Acta. – 2010. – Vol. 674 (2). – P. 166–175. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2010.06.029>.
19. Rodrigues, J. E. NMR methods for beer characterization and quality control / J. E. Rodrigues, A. M. Gil // Magnetic Resonance in Chemistry. – 2012. – Vol. 49. – P. 37–45. <https://doi.org/10.1002/mrc.2844>.
20. Меледина, Т. В. Качество пива: стабильность вкуса и аромата, коллоидная стойкость, дегустация / Т. В. Меледина, А. Т. Дедегкаев, Д. В. Афонин. – СПб. : Профессия, 2011. – 220 с.
21. Brewing. New technologies / Bamforth C.W. ed. – Cambridge : Woodhead Publishing Limited, 2006. – 500 p.

22. Thompson, K. A. Characterization of aroma and flavor compounds present in lambic (gueuze) beer : diss. ... dr. of philosophy in food science and technology / Katherine A. Thompson. – Blacksburg : Virginia Polytechnic Institute and State University, 2012. – 157 p.
23. Flavor-active esters: Adding fruitiness to beer / K. J. Verstrepen [et al.] // *Journal of Bioscience and Bioengineering*. – 2003. – Vol. 96 (2). – P. 110–118. [https://doi.org/10.1016/S1389-1723\(03\)90112-5](https://doi.org/10.1016/S1389-1723(03)90112-5).
24. Wort composition and its impact on the flavour-active higher alcohol and ester formation of beer – a review / H. Yang [et al.] // *Journal of the Institute of Brewing*. – 2014. – Vol. 120. – P. 157–163. <https://doi.org/10.1002/jib.145>.
25. Lorenzo, C. P. Lactic acid bacteria as sensory biomodulators for fermented cereal-based beverages / C. P. Lorenzo, E. Zannini, E. K. Arendt // *Trends in Food Science & Technology*. – 2016. – Vol. 54. – P. 17–25. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.05.009>.
26. Key volatile aroma compounds of lactic acid fermented malt based beverages – impact of lactic acid bacteria strains / S. Nsonging Dongmo [et al.] // *Food Chemistry*. – 2017. – Vol. 229. – P. 565–573. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.02.091>.

## References

1. Tonsmeire M. ed. *American Sour Beers: innovative techniques for mixed fermentations*. Boulder: Brewers Publications, 2014. 424 p.
2. J. Van den Steen ed. *Geuze & Kriek: The Secret of Lambic Beer*. Tiel: Lannoo Publishers, 2012. 192 p.
3. Martens H., Iserentant D., Verachtert H. Microbiological aspects of a mixed yeast – bacterial fermentation in the production of a special Belgian acidic ale. *Journal of the Institute of Brewing*, 1997, vol. 103, pp. 85–91. <https://doi.org/10.1002/j.2050-0416.1997.tb00939.x>.
4. Heath H.B. *Source Book of Flavors*. Dordrecht: Springer Netherlands, 1981. 864 p.
5. *More beer – beer making kits and home brewing supplies*. Available at: <https://www.morebeer.com/articles>. (accessed 15 February 2018).
6. *Sour Beer Blog – sour beer and brewing education for both home and craft brewers*. Available at: <http://sourbeerblog.com/category/brewing-topics>. (accessed 15 February 2018).
7. A Ph.D. in Beer – A Study of Beer and Fermentation Science. Available at: <https://phdinbeer.com>. (accessed 15 February 2018).
8. Kvasnikov U.I., Nesterenko O.A. *Molochnokislye bakterii i puti ikh ispol'zovaniya* [Lactic acid bacteria and the ways of their application] Moscow: Nauka Publ., 1975. 384 p.
9. Krasnikova L.V., Gun'kova P.I., Markelova V.V. *Mikrobiologiya moloka i molochnykh produktov* [Milk and dairy products microbiology]. St.Petersburg: NIU ITMO; IKhiBT Publ., 2013. 85 p.
10. Isaeva V.S., Rattel' N.N., Volkova T.N. *Kratkiy atlas postoronnikh mikroorganizmov v pivovarennom proizvodstve* [Brief list of extraneous microorganisms in beer production]. Moscow, 1997. 96 p.
11. Yarullina D.R., Fakhullin R.F. *Bakterii roda Lactobacillus: obshchaya kharakteristika i metody raboty s nimi* [Bacteria of the genus *Lactobacillus*: general description and ways of their application]. Kazan: Kazanskiy universitet Publ., 2014. 51 p.
12. Afanas'yeva O.V. *Mikrobiologicheskiy kontrol' khlebopekarnogo proizvodstva* [Microbiological control in bread making]. Moscow: Pishchevaya promyshlennost' Publ., 1976. 145 p.
13. Bepomestnykh K.V., Galstyan A.G., Korotkaya E.V. Issledovaniye biokhimicheskikh i morfologicheskikh svoystv shtammov bakteriy roda *Lactobacillus* [Study of biochemical and morphological properties of strains of bacteria genus *Lactobacillus*]. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv* [Technique and Technology of Food Production], 2011, no. 2, pp. 94–98.
14. Priest F.G., Stewart G.G. eds. *Handbook of Brewing*. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press, 2006. 872 p.
15. Lahtinen S., Ouwehand A.C., Salminen S., et al. eds. *Lactic Acid Bacteria: Microbiological and Functional Aspects*. 4th ed. Boca Raton: CRC Press, 2012. 798 p.
16. Zhang H., Cai Y. eds. *Lactic Acid Bacteria Fundamentals and Practice*. Dordrecht: Springer, 2014. 535 p.
17. Gobbetia M., De Angelis M., Corsetti A., et al. Biochemistry and physiology of sour dough lactic acid bacteria. *Trends in Food Science and Technology*, 2005, vol. 16, pp. 57–69. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2004.02.013>.
18. Rodrigues J.E., Erny G.L., Barros A.S., et al. Quantification of organic acids in beer by nuclear magnetic resonance (NMR)-based methods. *Analytica Chimica Acta*, 2010, vol. 674(2), pp.166–175. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2010.06.029>.
19. Rodrigues J.E., Gil A.M. NMR methods for beer characterization and quality control. *Magnetic Resonance in Chemistry*, 2012, vol. 49, pp. 37–45. <https://doi.org/10.1002/mrc.2844>.
20. Meledina T.V., Dedegkaev A.T., Afonin D.V. *Kachestvo piva: stabil'nost' vkusa i aromata, kolloidnaya stoykost', degustatsiya* [Beer quality: taste and flavor stability, colloidal stability, degustation]. St.Petersburg: Professiya Publ., 2011. 220 p.
21. Bamforth C.W. ed. *Brewing. New technologies*. Cambridge: Woodhead Publishing Limited, 2006. 500 p.
22. Thompson K.A. *Characterization of aroma and flavor compounds present in lambic (gueuze) beer*. Dr. phil. sci. diss. Blacksburg, 2012. 157 p.
23. Verstrepen K.J., Derdelinckx G., Dufour J.-P., et al. Flavor-active esters: Adding fruitiness to beer. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 2003, vol. 96 (2), pp. 110–118. [https://doi.org/10.1016/S1389-1723\(03\)90112-5](https://doi.org/10.1016/S1389-1723(03)90112-5).

24. Yang H., Dong J., Yin H., et al. Wort composition and its impact on the flavour-active higher alcohol and ester formation of beer – a review. *Journal of the Institute of Brewing*, 2014, vol. 120, pp. 157–163. <https://doi.org/10.1002/jib.145>.
25. Lorenzo C.P., Zannini E., Arendt E.K. Lactic acid bacteria as sensory biomodulators for fermented cereal-based beverages. *Trends in Food Science & Technology*, 2016, vol. 54, pp. 17–25. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.05.009>.
26. Dongmo S.N., Sacher B., Kollmannsberger H., et al. Key volatile aroma compounds of lactic acid fermented malt based beverages – impact of lactic acid bacteria strains. *Food Chemistry*, 2017, vol. 229, pp. 565–573. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.02.091>.

**Пономарева Ольга Ивановна**

канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ДПО «Санкт-Петербургский институт управления и пищевых технологий», 191186, Россия, г. Санкт-Петербург, наб. канала Грибоедова, 7, тел.: +7 (812) 314-18-45, e-mail: [bio@hlebspb.ru](mailto:bio@hlebspb.ru)

**Борисова Екатерина Валерьевна**

канд. техн. наук, заведующая сектором микробиологии лаборатории микробиологии, технологии и биохимии дрожжей, ФГБОУ ДПО «Санкт-Петербургский институт управления и пищевых технологий», 191186, Россия, г. Санкт-Петербург, наб. канала Грибоедова, 7, тел.: +7 (812) 312-33-32, e-mail: [bio@hlebspb.ru](mailto:bio@hlebspb.ru)  
 <https://orcid.org/0000-0001-5488-6474>

**Прохорчик Игорь Петрович**

канд. техн. наук, доцент, заведующий лабораторией микробиологии, технологии и биохимии дрожжей, ФГБОУ ДПО «Санкт-Петербургский институт управления и пищевых технологий», 191186, Россия, г. Санкт-Петербург, наб. канала Грибоедова, 7, тел.: +7 (812) 312-33-32, e-mail: [bio@hlebspb.ru](mailto:bio@hlebspb.ru)

**Olga I. Ponomareva**

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor, Saint Petersburg Institute of Management and Food Technology, 7, kanala Griboedova nab., Saint Petersburg, 191186, Russia, phone: +7 (812) 314-18-45, e-mail: [bio@hlebspb.ru](mailto:bio@hlebspb.ru)

**Ekaterina V. Borisova**

Cand.Sci.(Eng.), Head of the Microbiology Sector in Laboratory of Microbiology, Biochemistry and Technology of Yeast, Saint Petersburg Institute of Management and Food Technology, 7, kanala Griboedova nab., Saint Petersburg, 191186, Russia, phone: +7 (812) 314-18-45, e-mail: [bio@hlebspb.ru](mailto:bio@hlebspb.ru)  
 <https://orcid.org/0000-0001-5488-6474>

**Igor P. Prokhorchik**

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor, Head of the Laboratory of Microbiology, Biochemistry and Technology of Yeast, Saint Petersburg Institute of Management and Food Technology, 7, kanala Griboedova nab., Saint Petersburg, 191186, Russia, phone: +7 (812) 312-33-32, e-mail: [bio@hlebspb.ru](mailto:bio@hlebspb.ru)



<https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-2-109-116>  
УДК 663.674

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОМПОЗИЦИОННОГО СОСТАВА И СТРУКТУРЫ МОЛОЧНОГО МОРОЖЕНОГО

**А. А. Творогова\*** , **Т. В. Шобанова** , **А. В. Ландиховская** , **Р. Р. Закирова** 

*Вероссийский научно-исследовательский институт  
холодильной промышленности  
– филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем  
им. В. М. Горбатова» РАН,  
127422, Россия, г. Москва, ул. Костякова, 12*

*Дата поступления в редакцию: 22.03.2018  
Дата принятия в печать: 21.05.2018*

*\*e-mail: antvorogova@yandex.ru*



© А. А. Творогова, Т. В. Шобанова, А. В. Ландиховская, Р. Р. Закирова, 2018

**Аннотация.** Приводятся результаты исследований по совершенствованию композиционного состава молочного мороженого, в наибольшей степени соответствующего требованиям, предъявляемым к продуктам для здорового питания (с удовлетворительной пищевой ценностью), с целью достижения кремообразной консистенции и высокой дисперсности структурных элементов, характерных для продуктов с более высокими массовыми долями жира и сухих веществ. Актуальность исследований определяет общемировая тенденция производства продуктов здорового питания, развиваемая в нашей стране рядом законодательных документов. Целью исследований являлась разработка на базе композиционного состава молочного мороженого продукта пониженной калорийности с высокими органолептическими показателями, в т. ч. по состоянию структуры. В рамках научной работы применялись современные методы исследований: реологические, микроструктурные, термостатирования и фотосъемки. Аналитически и экспериментально обосновано применение низкокалорийной пищевой добавки полидекстрозы, повышающей ощущение жирности в продуктах питания и не оказывающей отрицательного влияния на технологический процесс производства мороженого. Экспериментально подтверждена возможность совершенствования структуры продукта путем применения синергетических композиций: эмульгаторов на основе дистиллированных моноглицеридов и эфиров полиглицерина и жирных кислот и стабилизаторов с доминированием камеди рожкового дерева, способствующей формированию мелких кристаллов льда. Указанные композиции эмульгаторов и стабилизаторов при совместном применении с полидекстрозой позволили достичь в молочном мороженом технологически значимых результатов: увеличить эффективную вязкость смесей, обеспечить высокую формо- и термоустойчивость и получить высокую дисперсность кристаллов льда. Принятые технические решения положительно отразились на состоянии консистенции и структуры молочного мороженого усовершенствованного состава.

**Ключевые слова.** Молочное мороженое, здоровое питание, синергетические композиции, эмульгаторы, стабилизаторы, полидекстроза

**Для цитирования:** Совершенствование композиционного состава и структуры молочного мороженого / А. А. Творогова [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 2. – С. 109–116. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-2-109-116>.

## MILK ICE CREAM COMPOSITION AND STRUCTURE IMPROVEMENT

**A.A. Tvorogova\*** , **T.B. Shobanova** , **A.V. Landikhovskaya** , **R.R. Zakirova** 

*All-Russian Scientific Research Institute  
of Refrigeration Industry  
– Branch of V.M. Gorbatov Federal Research Center  
for Food Systems of RAS,  
12, Kostyakova Str., Moscow, 127422, Russia*

*Received: 22.03.2018  
Accepted: 21.05.2018*

*\*e-mail: antvorogova@yandex.ru*



© А.А. Творогова, Т.В. Шобанова, А.В. Ландиховская, Р.Р. Закирова, 2018

**Abstract.** The work reveals the results of the study devoted to milk ice cream composition improvement in order to meet the requirements for healthy foods (with satisfactory nutritional value) to the fullest extent and to obtain creamy consistency as well as high dispersity of structural elements typical for products with high mass fractions of fat and dry substances. The significance of the research is determined by the worldwide trend in the production of healthy foods which is developed in our country by a number of legislative documents. The purpose of the research was to develop on the basis of the composition a milk ice cream product with low energy value and high organoleptic parameters including the state of its structure. Within the framework of the given research the author used such modern research methods as rheological, microstructural and thermostating ones as well as photographic survey method. The author justified analytically and experimentally the use of such food additive as polydextrose having low energy value. It increases the feeling that food product has high fat content and it does not have any negative effect on ice cream production process. The possibility of improving the product structure using synergistic compositions such as emulsifiers based on distilled monoglycerides and polyglycerol and fatty acids esters as well as stabilizers containing mainly locust bean gum which promotes the formation of small ice crystals was confirmed experimentally. The mentioned compositions of emulsifiers and stabilizers when used with polydextrose made it possible to

achieve technologically significant results in milk ice cream production. They increased the effective viscosity of the mixtures, provided high form and thermal stability, and made it possible to get high dispersion of ice crystals. The accepted technological solutions had positive effect on the consistency and structure of milk ice cream with improved composition.

**Keywords.** Milk ice cream, healthy food, synergistic compositions, emulsifiers, stabilizers, polydextrose

**For citation:** Tvorogova A.A., Shobanova T.B., Landikhovskaya A.V., et al. Milk ice cream composition and structure improvement. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2018, vol. 48, no. 2, pp. 109–116 (In Russ.). <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-2-109-116>.

### Введение

Развивающиеся тенденции к здоровому образу жизни обуславливают разработку новых разновидностей мороженого функциональной направленности, в т. ч. с невысокой массовой долей жира, с пониженным содержанием сахара, обогащенных про- и пребиотиками, пищевыми волокнами и пр.

В нашей стране производство продуктов для здорового питания регламентируется рядом законодательных документов [1–4], в т. ч. Стратегией повышения качества пищевой продукции в РФ до 2030 г. [5], утвержденной Распоряжением Правительства № 1364-р от 29 июня 2016 г. В соответствии со Стратегией приоритетными направлениями производства пищевой продукции являются:

- обеспечение полноценного питания;
- профилактика заболеваний;
- увеличение продолжительности и повышение качества жизни населения [19].

Мороженое с невысокой массовой долей жира, в частности молочное, в наибольшей степени соответствует требованиям, предъявляемым к продуктам для здорового питания, однако содержит высокую массовую долю влаги (около 70 %), поэтому при замораживании в нем формируются органолептически ощутимые кристаллы льда. Одним из направлений совершенствования органолептических показателей молочного мороженого является увеличение массовой доли сухих веществ в продукте путем применения продуктов переработки крахмала: глюкозы, глюкозных сиропов, мальтодекстринов. Но данные продукты не позволяют значительно снизить калорийность мороженого, с этой целью предпочтительнее использовать ингредиенты с пониженной калорийностью – пищевые волокна (инулин, полидекстрозу) [17, 18].

Целью исследований являлось усовершенствование композиционного состава традиционного молочного мороженого для получения конечного продукта с кремообразной консистенцией и с высокой дисперсностью структурных элементов в процессе производства и хранения [16].

### Объекты и методы исследования

Объектами исследования в работе являлись: молочное мороженое с массовой долей жира 4 %, полидекстроза, стабилизаторы (гуаровая камедь, каррагинан, камедь рожкового дерева, альгинат Na и др.), эмульгаторы (дистиллированные моноглицериды, эфиры полиглицерина и жирных кислот) [20]. Все добавки разрешены к применению на территории Российской Федерации в

соответствии с ТР ТС 029/2012 «Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств».

В рамках научной работы применялись следующие методы исследований: реологические, микроструктурные, термостатирования и фотосъемки [9].

Все опытные образцы мороженого исследовались на экспериментальном стенде ВНИХИ по следующим показателям:

- вязкость смеси до и после созревания;
- формо- и термоустойчивость готового продукта;
- дисперсность кристаллов льда в мороженом по показателям «средний размер» и «содержание кристаллов льда до 50 мкм» [11].

Вязкость определяли с помощью реотеста Brookfield DV-II+Pro (США) с программным обеспечением Rheocalc V3.1-1.

Изучение дисперсности кристаллов продукта проводили в соответствии с методикой, разработанной ВНИХИ. Исследование включало подготовку пробы, целью которой являлось максимальное удаление воздуха из продукта. Исследования проводили в условиях низких температур с использованием термокриостатика PE 120. Образец исследовали в проходящем свете микроскопа Olympus CX 41 (Япония). С помощью встроенной фотокамеры фиксировали фотоизображение. Исследования проводили при увеличении  $\times 100$ . Дисперсность структурных элементов определяли с помощью программы ImageScore M не менее чем в трех повторностях [6].

Формо- и термоустойчивость мороженого определяли в соответствии с методикой, утвержденной ВНИХИ, с использованием суховоздушного термостата ТСО-1/80 СПУ (Россия) с постоянно заданной температурой ( $20 \pm 0,5$ ) °С и цифрового фотоаппарата для фиксирования внешнего вида образцов в заданные промежутки времени с начала термостатирования. Пробы мороженого отбирались из камеры хранения с температурой  $-18$  °С. При определении термоустойчивости учитывали массовую долю плава в определенные временные промежутки. Исследования проводили параллельно в двух повторностях.

### Результаты и их обсуждение

В результате аналитических исследований установлено, что в соответствии с требованиями НИИ питания РАН значительная часть составных частей мороженого позволяет относить его к продукту с удовлетворительной пищевой ценностью (табл. 1) [7].

Таблица 1 – Содержание пищевых веществ в 100 г молочного и сливочного мороженого

Table 1 – Nutrients content in 100 g of milk ice cream and creamy ice cream

Пищевые вещества	Содержание пищевых веществ в 100 г продукта		
	удовлетворительное по рекомендациям НИИ питания РАН	молочное мороженое	сливочное мороженое
Белок, г	1,5–7,5	3,7	3,7
Жиры, г	1,7–8,3	3,9	10,3
Насыщенные жирные кислоты, г	0,5–2,5	2,2	6,3
Полиненасыщенные жирные кислоты, г	5,0–17,0	0,9–1,6	2,5–4,5
Холестерин, г	6–30	10	29
Углеводы, г	7,4–37	21	19,5
Натрий, мг	48–240	51	50
Калий, мг	70–350	148	156
Кальций, мг	50–100	136	148
Магний, мг	8–40	17	22

Из табл. 1 следует, что удовлетворительной пищевой ценностью по показателю «содержание жира» характеризуется мороженое при массовой доле жира не более 8,3 %, что дает предпосылки для создания маложирных разновидностей продукта, к которым относится молочное мороженое. Кроме того, молочное мороженое относится к указанной категории по содержанию холестерина, калия, магния, а по содержанию кальция превосходит уровень продуктов с удовлетворительной пищевой ценностью. Таким образом, был обоснован выбор этого продукта в качестве объекта для совершенствования композиционного состава мороженого, соответствующего не только критериям продуктов для здорового питания, но и обеспечивающего состояние структуры и консистенции разновидностей мороженого с более высокой массовой долей жира. Этот продукт может являться основой для создания новых рецептур продуктов функциональной направленности, востребованных населением.

Обосновано с целью снижения калорийности продукта использовать полидекстрозу, что позволяет несколько снизить содержание сахарозы, а при использовании интенсивных подсластителей вообще отказаться от нее. Это позволит употреблять продукт людям, страдающим от ожирения или сахарного диабета.

При использовании полидекстрозы в мороженом принимается во внимание то, что она относится к пищевым волокнам [10, 14], не расщепляется ферментами пищеварительной системы и не подвержена кислотному гидролизу. Утилизируется в толстом кишечнике с образованием короткоцепочечных жирных кислот, при усвоении которых выделяется 1 ккал/г. Существуют данные о пребиотических свойствах полидекстрозы (влияние на рост бифидобактерий).

Имея низкий гликемический индекс, полидекстроза входит в рацион питания людей, страдающих сахарным диабетом.

По технологическим характеристикам полидекстроза заметно не отличается от сахарозы и

успешно заменяет ее в рецептурах. Важной особенностью полидекстрозы является ее способность создавать ощущение жирности продукта, что позволяет применять ее в низкожирных продуктах, получая при этом полноценный вкус.

При разработке композиционного состава мороженого исходили из цели снижения калорийности. В связи с этим массовая доля жира в продукте была установлена на уровне не более 4 %.

При определении минимальной массовой доли жира учитывали необходимость поддержания в продукте массовой доли сухих веществ молока не менее 40 %. В частности, при массовых долях сухих веществ в мороженом 32 % и СОМО 10 % массовая доля жира в нем не может быть менее 2,8 %.

Принимали во внимание также то, что массовая доля сахарозы должна обеспечить сладкий вкус продукта. Известно, что предела достаточной сладости в мороженом можно достичь при содержании сахарозы 12 %. Учитывая, что создать кремообразную консистенцию и структуру продукта при массовой доле жира 4 % чрезвычайно трудно, решено было повысить содержание сухих веществ в мороженом до 32 % вместо 29–30 % в традиционных разновидностях. Применение полидекстрозы позволило повысить содержание сухих веществ мороженого и восполнить ощущение недостаточного количества жира в продукте [8].

С целью формирования кремообразной консистенции и структуры продукта без органолептически ощутимых кристаллов льда были разработаны синергетические композиции эмульгаторов и стабилизаторов [15]. Для стабилизации структуры использовали комплексный стабилизатор-эмульгатор на основе эмульгаторов дистиллированных моноглицеридов и эфиров полиглицерина и жирных кислот. Эта композиция обеспечивает высокую термо- и формоустойчивость мороженого [12, 13].

В качестве стабилизаторов использовалась композиция с преобладанием в своем составе камеди рожкового дерева. Известно, что ее применение в стабилизационной системе позволяет

получить высокую дисперсность кристаллов льда. Состав молочного мороженого соответствовал приведенному ниже:

- массовая доля сухих веществ, %, не менее 32,5;
- молочного жира, %, 4,0;
- СОМО, %, 10,0;
- сахарозы, %, не более 13,0;
- полидекстрозы, %, не более 5,0;
- стабилизатора-эмульгатора, %, не менее 0,55.

На основе разработанного композиционного состава были изготовлены и исследованы экспериментальные партии молочного мороженого. В качестве контрольного образца использовали молочное мороженое традиционного состава с эффективной стабилизационной системой. Проведена количественная оценка эффективной вязкости смеси после созревания (рис. 1).

По данным рис. 1 видно, что вязкость смеси в образце № 1 (с усовершенствованным композиционным составом) после созревания выше вязкости смеси с традиционным стабилизатором (на основе гуаровой камеди, камеди рожкового дерева и каррагинана) в 1,25 раза. Увеличение вязкости смеси в образце № 1 в процессе созревания в 1,35 раза (в смеси для контрольного образца – в 1,12 раза) свидетельствует о технологической функциональности (положительном влиянии на жировую фазу) синергетической композиции эмульгаторов. Следует отметить, что в соответствии с базой данных ВНИХИ, вязкость смеси для мороженого усовершенствованного состава после созревания (396 мПа·с) значительно не отличается от вязкости смеси для традиционного мороженого пломбир (чаще всего 400–450 мПа·с).

Различия в вязкости смесей после созревания сильно не сказались на их способности к насыщению воздухом, но повлияли на термо- и формоустойчивость продукта. Без принудительной подачи воздуха взбитость образца № 1 с полидекстрозой составила 94 %, контрольного образца – 92 %. По показателям «формо- и термоустойчивость» образец с полидекстрозой и синергетическими композициями эмульгаторов и стабилизаторов превосходил контрольный образец (рис. 2 и 3).

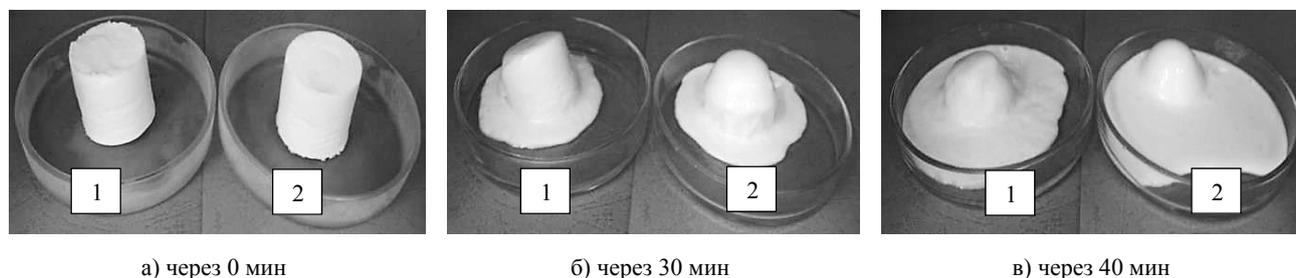


Рисунок 2 – Состояние образцов молочного мороженого при выдерживании в термостате при температуре 20 °С: 1 – образец с полидекстрозой; 2 – контроль

Figure 2 – Condition of milk ice cream samples during holding in thermostat at 20 °C: 1 – sample with polydextrose; 2 – control sample

Как следует из данных, приведенных на рис. 3, массовые доли плава в образце № 1 с синергетической композицией и контрольном образце через 60 мин с начала выдерживания в термостате при 20 °С отличались в 2,8 раза, а через 90 мин – в 1,5 раза.

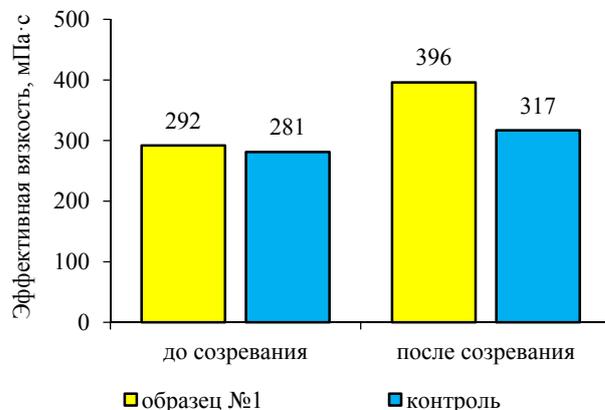


Рисунок 1 – Эффективная вязкость смесей для молочного мороженого при градиенте сдвига на срез 0,53 с<sup>-1</sup>

Figure 1 – Effective viscosity of the mixtures for milk ice cream at shear gradient at cut 0.53 s<sup>-1</sup>

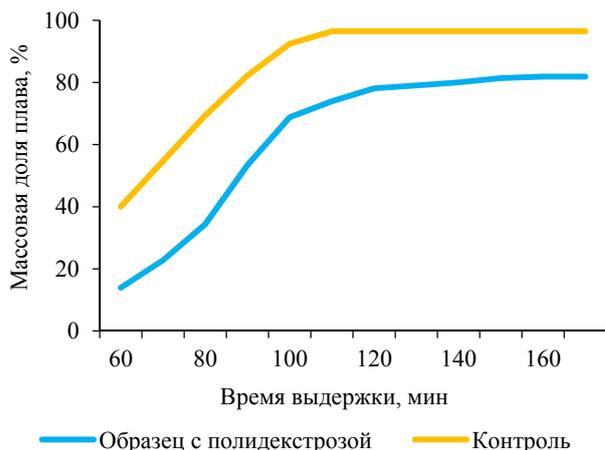


Рисунок 3 – Сравнительная диаграмма скорости таяния

Figure 3 – Melting rate discrimination chart

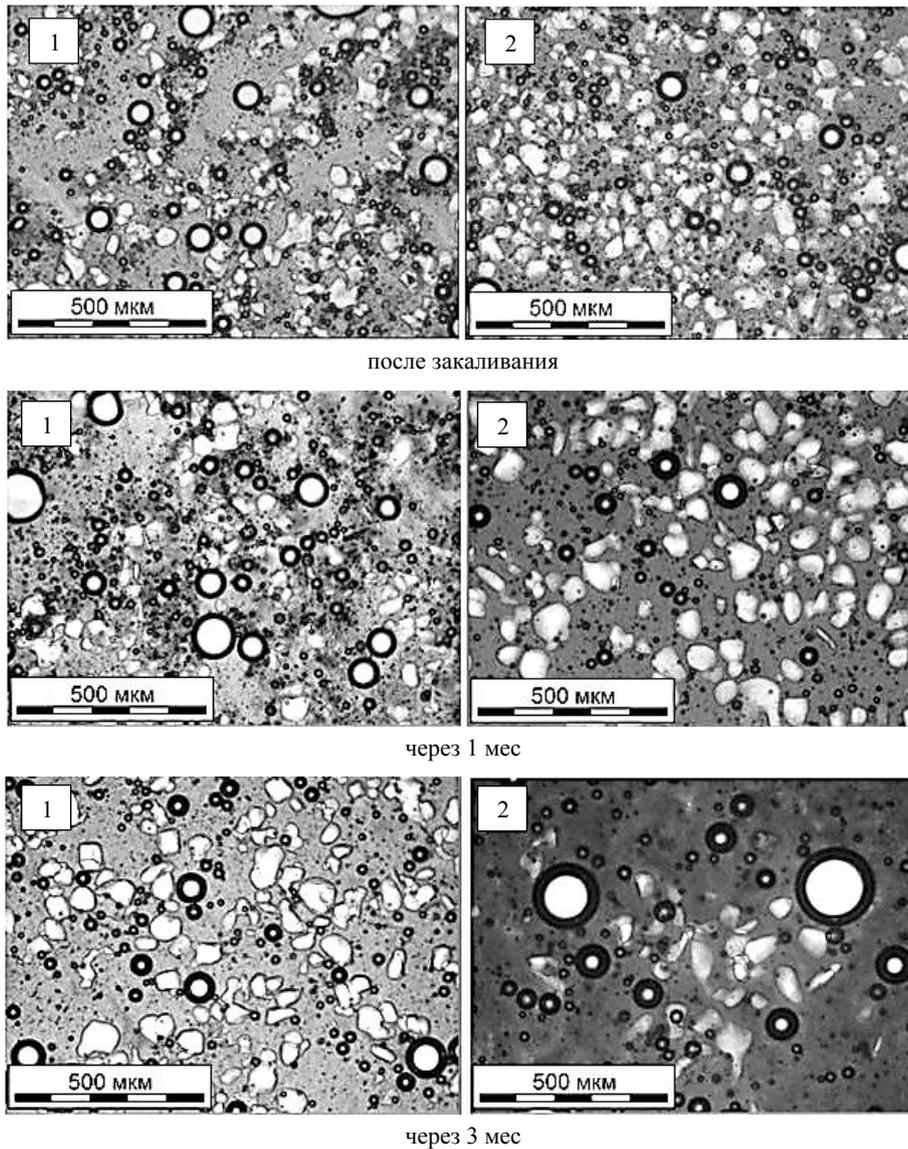


Рисунок 4 – Состояние кристаллов льда в образцах молочного мороженого: 1 – образец с полидекстрозой; 2 – контроль  
 Figure 4 – Condition of ice crystals in milk ice cream samples: 1 – sample with polydextrose; 2 – control sample

В ходе исследований установлено, что в молочном мороженом усовершенствованного состава формируется высокая дисперсность кристаллов льда (рис. 4).

Полученные фотоизображения свидетельствуют о более высокой дисперсности кристаллов льда в мороженом при использовании полидекстрозы и синергетических композиций стабилизаторов и эмульгаторов. Рост кристаллов в молочном мороженом усовершенствованного состава в процессе хранения происходил медленнее по сравнению с контрольным образцом.

При количественной оценке дисперсности установлено, что средний размер кристаллов льда в молочном мороженом усовершенствованного состава характеризуется величиной 44 мкм, через 1 месяц хранения – 49 мкм, через 3 месяца хранения – 61 мкм, в контрольном образце – 43, 60 и 70 мкм соответственно.

О более высокой дисперсности кристаллов льда в образце № 1 по сравнению с контрольным образцом

свидетельствуют данные по распределению кристаллов льда по размерам до 50 и 70 мкм (рис. 5).

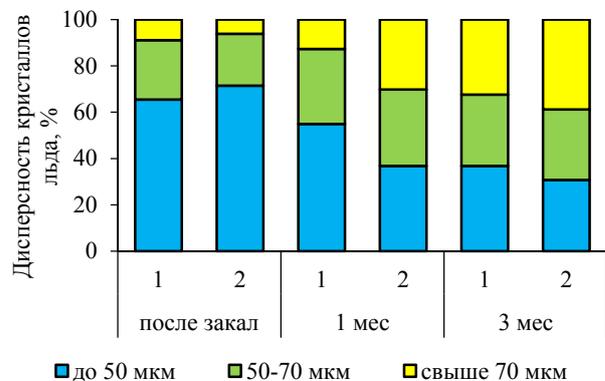


Рисунок 5 – Дисперсность кристаллов льда в образцах молочного мороженого: 1 – образец с полидекстрозой; 2 – контроль

Figure 5 – Dispersion of ice crystals in milk ice cream samples: 1 – sample with polydextrose; 2 – control sample

При проведении органолептической оценки в образце молочного мороженого усовершенствованного состава были отмечены, по сравнению с контрольным образцом, ощущения более высокой жирности и кремообразности и отсутствие органолептически ощутимых кристаллов льда.

### Выводы

На основании проведенных исследований аналитически обоснован и разработан композиционный состав молочного мороженого, по массовой доле сухих веществ соответствующий

сливочному мороженому. Экспериментально подтверждена эффективность специально разработанной композиции стабилизаторов-эмульгаторов и полидекстрозы, позволяющей избежать недостатков, свойственных молочному мороженому с традиционной стабилизационной системой, например органолептически ощутимых кристаллов льда и низкого сопротивления таянию. Таким образом, показано, что молочное мороженое может быть базой для создания предприятиями отрасли широкого ассортимента маложирных продуктов с высокими качественными показателями.

### Список литературы

1. ТР ТС 021/2011. О безопасности пищевой продукции. – Утв. Решением Комиссии Таможенного союза от 9 дек. 2011 г. № 880. – СПб. : ГИОРД, 2015. – 176 с.
2. ТР ТС 022/2011. Пищевая продукция в части ее маркировки [Электронный вариант]. – Утв. Решением Комиссии Таможенного союза от 9 дек. 2011 г. № 881. – 29 с. – Режим доступа: [http://webportalsrv.gost.ru/portal/GostNews.nsf/acaf7051ec840948c22571290059c78f9fe752e7e38cc18e44257bde0024e7d4/\\$FILE/TR\\_TS\\_022-2011\\_text.pdf](http://webportalsrv.gost.ru/portal/GostNews.nsf/acaf7051ec840948c22571290059c78f9fe752e7e38cc18e44257bde0024e7d4/$FILE/TR_TS_022-2011_text.pdf). – Дата доступа: 20.02.2018.
3. ТР ТС 029/2012. Требования безопасности пищевых добавок ароматизаторов и технологических вспомогательных средств [Электронный вариант]. – Прин. Решением Совета Евразийской экономической комиссии от 20 июля 2012 г. № 58. – Режим доступа: [http://www.tsouz.ru/eeek/RSEEEK/RSEEEK/SEEK8/Documents/P\\_58.pdf](http://www.tsouz.ru/eeek/RSEEEK/RSEEEK/SEEK8/Documents/P_58.pdf). – Дата доступа: 10.02.2018.
4. ТР ТС 033/2013. О безопасности молока и молочной продукции [Электронный вариант]. – Прин. Решением Совета Евразийской экономической комиссии от 9 окт. 2013 г. № 67. – Режим доступа: <http://www.eurotest.ru/upload/iblock/dfb/dfb7eea482f8a20e548edead87b038f3.pdf>. – Дата доступа: 10.02.2018.
5. Стратегия повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года : Распоряжение Правительства РФ от 29.06.2016. № 1364-р. – Собрание законодательства РФ. – 2016. – № 28. – Ст. 4758.
6. Творогова, А. А. Объективная оценка замороженных взбитых фруктовых десертов по состоянию кристаллов льда / А. А. Творогова, П. Б. Чижова // Холодильная техника. – 2013. – № 2. – С. 58–60.
7. Химический состав пищевых продуктов, используемых в Российской Федерации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://web.ion.ru/food/FD\\_tree\\_grid.aspx](http://web.ion.ru/food/FD_tree_grid.aspx). – Дата обращения: 26.02.2018.
8. Мороженое пониженной калорийности / А. А. Творогова [и др.] // Молочная промышленность. – 2017. – № 3. – С. 72–73.
9. Гофф, Г. Д. Мороженое / Г. Д. Гофф, Р. У. Гартел. – 7-е изд. – СПб. : Профессия. – 2016. – 540 с.
10. Филимонова, А. В. Современные тенденции конструирования композиций с функциональными свойствами / А. В. Филимонова, А. С. Гаврилов, О. Н. Зуева // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2016. – № 5. – С. 43–52.
11. Online ice crystal size measurements during sorbet freezing by means of the focused beam reflectance measurement (FBRM) technology. Influence of operating conditions / M. Arellano [et al.] // Journal of Food Engineering. – 2012. – № 2. – P. 351–359. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.05.016>.
12. Jagdish, K. S. Utilization of guar gum as stabilizer in ice cream / K. S. Jagdish, S. A. Arvind, R. B. Ashok // International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences. – 2015. – Vol. 4 (1). – P. 284–287.
13. Optimization of functional properties of three stabilizers and κ-carrageenan in ice cream and study of their synergism / M. Bahram Parvar [et al.] // Journal of Agricultural Science and Technology. – 2013. – Vol. 15 (4). – P. 757–769.
14. Westenbrink, S. Dietary fibre: challenges in production and use of food composition data / S. Westenbrink, K. Brunt, J.-W. van der Kamp // Food Chemistry. – 2013. – Vol. 140 (3). – P. 562–567. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.09.029>.
15. Soad, H. T. Quality characteristics of ice milk prepared with combined stabilizers and emulsifiers blends / H. T. Soad, A. M. Mehriz, M. A. Hanafy // International Food Research Journal. – 2014. – Vol. 21 (4). – P. 1609–1613.
16. Mahdian, E. Effects of fat replacers and stabilizers on rheological, physicochemical and sensory properties of reduced-fat ice cream / E. Mahdian, R. Karazhian // Journal of Agricultural Science and Technology. – 2013. – Vol. 15 (6). – P. 1163–1174.
17. Pintor, A. Optimization of fat-reduced ice cream formulation employing inulin as fat replacer via response surface methodology / A. Pintor, P. Severiano-Pérez, A. Totosa // Food Science and Technology International. – 2014. – Vol. 20 (7). – P. 489–500. <https://doi.org/10.1177/1082013213493100>.
18. Аймесон, А. Пищевые загустители, стабилизаторы, гелеобразователи / под ред. А. Аймесона ; пер. с англ. С. В. Макарова. – СПб. : Профессия. – 2012. – 408 с.
19. Пищевые ингредиенты в создании современных продуктов питания / под ред. В. А. Тутельяна, А. П. Нечаева. – М. : ДеЛи плюс. – 2014. – 520 с.
20. Сарафанова, Л. А. Пищевые добавки. – 2-е изд., испр. и доп. – СПб. : ГИОРД. – 2004. – 808 с.

### References

1. TR TS 021/2011. O bezopasnosti pishchevoy produktsii [Technical Regulation of Customs Union 021/2011. On Food Safety]. Approved by the Decision of the Commission of the Customs Union on December, 9, 2011. No. 880. St. Petersburg: GIORД Publ., 2015. 176 p.

2. TR TS 022/2011. *Pishchевaya produkciya v chasti ee markirovki* [Technical regulations of the Customs Union. Food products in terms of its labeling]. 29 p. Available at: [http://webportalsrv.gost.ru/portal/GostNews.nsf/acaf7051ec840948c22571290059c78f9fe752e7e38cc18e44257bde0024e7d4/\\$FILE/TR\\_TS\\_022-2011\\_text.pdf](http://webportalsrv.gost.ru/portal/GostNews.nsf/acaf7051ec840948c22571290059c78f9fe752e7e38cc18e44257bde0024e7d4/$FILE/TR_TS_022-2011_text.pdf). (accessed 20 February 2018).
3. TR TS 029/2012. *Trebovaniya bezopasnosti pishchevykh dobavok aromatizatorov i tekhnologicheskikh vspomogatel'nykh sredstv* [Technical Regulations of the Customs Union. Safety Requirements for food additives, flavoring agents and technological processing aids]. Available at: [http://www.tsouz.ru/eek/RSEEEK/RSEEEK/SEEK8/Documents/P\\_58.pdf](http://www.tsouz.ru/eek/RSEEEK/RSEEEK/SEEK8/Documents/P_58.pdf). (accessed 10 February 2018).
4. TR TS 033/2013. *O bezopasnosti moloka i molochnoy produkcii* [Technical regulations of the Customs Union. On milk and dairy products safety]. Available at: <http://www.eurotest.ru/upload/iblock/dfb/dfb7eea482f8a20e548ede87b038f3.pdf>. (accessed 10 February 2018).
5. *Rasporyazheniye Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii* ot 29.07.16 № 1364-r «Strategiya povysheniya kachestva pishchevoy produkcii v Rossiyskoy Federatsii do 2030 goda» [Resolution of the Government of the Russian Federation “The Strategy of improving foods quality in the Russian Federation until 2030”].
6. Tvorogova A.A., Chizhova P.B. Ob'ektivnaya otsenka zamorozhennykh vzbitykh fruktovykh desertov po sostoyaniyu kristallov l'da [Objective estimation of frozen whipped fruit desserts based on ice crystals state]. *Kholodil'naya tekhnika* [Kholodil'naya Tekhnika], 2013, no. 2, pp. 58–60.
7. *Khimicheskiy sostav pishchevykh produktov, ispol'zuemykh v Rossiyskoy Federatsii* [Chemical composition of food products used in the Russian Federation]. Available at: [http://web.ion.ru/food/FD\\_tree\\_grid.aspx](http://web.ion.ru/food/FD_tree_grid.aspx). (accessed 26 February 2018).
8. Tvorogova A.A., Kazakova N.V., Landikhovskaya A.V., Zakirova R.R., Pivtsaeva M.M. Morozhenoe ponizhennoy kaloriynosti [The ice-cream of reduced caloric value]. *Molochnaya promyshlennost'* [Dairy Industry], 2017, no. 3, pp. 72–73.
9. Goff G.D., Gartel R.U. *Morozhenoe* [Ice Cream]. 7th ed. St.Petersburg: Professiya Publ., 2016. 540 p.
10. Filimonova A.V., Gavrilov A.S., Zueva O.N. Sovremennyye tendentsii konstruirovaniya kompozitsiy s funktsional'nymi svoystvami [Design of composition with functional properties: modern trends]. *Tekhnologiya i tovarovedenie innovatsionnykh pishchevykh produktov* [Technology and Merchandising of the Innovative Foodstuff], 2016, no. 5, pp. 43–52.
11. Arellano M., Benkhelifa H., Flick D., Alvarez G. Online ice crystal size measurements during sorbet freezing by means of the focused beam reflectance measurement (FBRM) technology. Influence of operating conditions. *Journal of Food Engineering*. 2012, no. 2, pp. 351–359. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.05.016>.
12. Jagdish K.S., Arvind S.A., Ashok R.B. Utilization of guar gum as stabilizer in ice cream. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 2015, vol. 4(1), pp. 284–287.
13. Bahram Parvar M., Razavi S., Mazaheri Tehrani M., Alipour A. Optimization of functional properties of three stabilizers and κ-carrageenan in ice cream and study of their synergism. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 2013, vol. 15(4), pp. 757–769.
14. Westenbrink S., Brunt K., van der Kamp J.-W. Dietary fibre: challenges in production and use of food composition data. *Food Chemistry*, 2013, vol. 140(3), pp. 562–567. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.09.029>.
15. Soad H.T., Mehriz A.M., Hanafy M.A. Quality characteristics of ice milk prepared with combined stabilizers and emulsifiers blends. *International Food Research Journal*, 2014, vol. 21(4), pp. 1609–1613.
16. Mahdian E., Karazhian R. Effects of fat replacers and stabilizers on rheological, physicochemical and sensory properties of reduced-fat ice cream. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 2013, vol. 15(6), pp. 1163–1174.
17. Pintor A., Severiano-Pérez P., Totosaus A. Optimization of fat-reduced ice cream formulation employing inulin as fat replacer via response surface methodology. *Food Science and Technology International*, 2014, vol. 20(7), pp. 489–500. <https://doi.org/10.1177/1082013213493100>.
18. Imeson A. ed. *Food stabilisers, thickeners and gelling agents*. Oxford, Blackwell Publishing Ltd, 2009. 368 p. (Russ. ed.: S.V. Makarov. *Pishchevye zagustiteli, stabilizatory, geleobrazovateli*. St.Petersburg, Professiya Publ., 2012. 408 p.).
19. Tutel'yan V.A., Nechaev A.P. eds. *Pishchevye ingredienty v sozdanii sovremennykh produktov pitaniya* [Food ingredients in modern food production]. Moscow: DeLi Plyus Publ., 2014. 520 p.
20. Sarafanova L.A. *Pishchevye dobavki* [Food additives]. 2nd ed. St.Petersburg: GIORД Publ., 2004. 808 p.

#### **Творогова Антонина Анатольевна**

д-р техн. наук, доцент, заместитель директора, Всероссийский научно-исследовательский институт холодильной промышленности – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В. М. Горбатова» РАН, 127422, Россия, г. Москва, ул. Костякова, 12, тел.: +7 (499) 976-09-63, e-mail: antvorogova@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-7293-9162>

#### **Шобанова Татьяна Владимировна**

аспирант, младший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт холодильной промышленности – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В. М. Горбатова» РАН, 127422, Россия, г. Москва, ул. Костякова, 12, тел.: +7 (495) 6108385, e-mail: tan4elka2@rambler.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-6764-5020>

#### **Antonina A. Tvorogova**

Dr.Sci.(Eng.), Associate Professor, Deputy Director, All-Russian Scientific Research Institute of Refrigeration Industry – Branch of V.M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems of RAS, 12, Kostyakova Str., Moscow, 127422, Russia, phone: +7 (499) 976-09-63, e-mail: antvogova@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-7293-9162>

#### **Tatyana V. Shobanova**

Postgraduate Student, Junior Researcher, All-Russian Scientific Research Institute of Refrigeration Industry – Branch of V.M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems of RAS, 12, Kostyakova Str., Moscow, 127422, Russia, phone: +7 (499) 976-09-63, e-mail: tan4elka2@rambler.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-6764-5020>

**Ландиховская Анна Валентиновна**

младший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт холодильной промышленности – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В. М. Горбатова» РАН, 127422, Россия, г. Москва, ул. Костякова, 12, тел.: +7 (495) 6108385, e-mail: [anna.landih@yandex.ru](mailto:anna.landih@yandex.ru)

 <https://orcid.org/0000-0001-5881-2309>

**Закирова Румия Рустямовна**

младший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт холодильной промышленности – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В. М. Горбатова» РАН, 127422, Россия, г. Москва, ул. Костякова, 12, тел.: +7 (495) 6108385, e-mail: [zrr-vnihi@yandex.ru](mailto:zrr-vnihi@yandex.ru)

 <https://orcid.org/0000-0003-4455-7823>

**Anna V. Landikhovskaya**

Junior Researcher, All-Russian Scientific Research Institute of Refrigeration Industry – Branch of V.M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of RAS, 12, Kostyakova Str., Moscow, 127422, Russia, phone: +7 (495) 610-83-85, e-mail: [anna.landih@yandex.ru](mailto:anna.landih@yandex.ru)

 <https://orcid.org/0000-0001-5881-2309>

**Rumiya R. Zakirova**

Junior Researcher, All-Russian Scientific Research Institute of Refrigeration Industry – Branch of V.M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of RAS, 12, Kostyakova Str., Moscow, 127422, Russia, phone: +7 (495) 6108385, e-mail: [zrr-vnihi@yandex.ru](mailto:zrr-vnihi@yandex.ru)

 <https://orcid.org/0000-0003-4455-7823>



<https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-2-117-128>  
УДК 66.086.2:637.344

## ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ФЛОКУЛЯНТОВ ДЛЯ ВЫДЕЛЕНИЯ КОМПОНЕНТОВ СЫВОРОТКИ

**Е. В. Ульрих**

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный  
сельскохозяйственный институт,  
650056, Россия, г. Кемерово, ул. Марковцева, 5

Дата поступления в редакцию: 15.08.2017

Дата принятия в печать: 22.06.2018

e-mail: [elen.ulrich@mail.ru](mailto:elen.ulrich@mail.ru)



© Е. В. Ульрих, 2018

**Аннотация.** Разработка научных основ выделения компонентов сыворотки пищевых предприятий флокулянтами – актуальная задача, позволяющая решать вопросы охраны окружающей среды и утилизации содержащихся в сыворотке ценных продуктов (белков, жира, лактозы). Целью данной работы являлось изучение свойств модифицированных флокулянтов, таких как набухание и светопоглощение, влияющих на полноту выделения компонентов молочной сыворотки. Объектами исследований в работе являлись: флокулянты на основе полиакриламида – Магнафлок 156, Магнафлок 24 и Магнафлок 919; модификаторы – пропиленгликоль, этиленхлоргидрин, пропиленхлоргидрин, аминокислоты серин и глицин, а также молочная сыворотка. Исследования проводились в Кемеровской области. Из полученных данных следует, что при близких значениях степени набухания время набухания для исходных и модифицированных флокулянтов убывает от Магнафлока 24 до Магнафлока 919. Наиболее оптимальным по скорости набухания является среднеанионный полиэлектролит Магнафлок 156 со средней степенью разветвления макромолекул. Доказано, что в результате модификации молекулярная масса флокулянтов возрастает в 1,4–2,4 раза. Установлено, что среднестатистическое расстояние между концами макромолекул увеличивается в 1,3–1,8 раза; наблюдается незначительное снижение гибкости; гидродинамический объем повышается в 1,33–9,9 раза. Экспериментально установлено, что пики поглощения в ультрафиолетовой области для модифицированных флокулянтов сдвигаются в более длинноволновую область, по сравнению с исходными полиэлектролитами, что указывает на образование крупных агрегатов частиц за счет процесса модификации. На основании эксперимента для выделения компонентов молочной сыворотки получены следующие технологические параметры: концентрация флокулянта – 0,05 %; доза флокулянта – 6 г/м<sup>3</sup>; температура – 25–30 °С; время флокуляции – 10–20 мин; способ подачи – непрерывный; время отстоя – 60 мин; угловая скорость перемешивания – 30–40 об/мин. Предложена технологическая схема выделения компонентов молочной сыворотки. Доказано, что модифицированные флокулянты значительно полнее выделяют ценные компоненты сыворотки, чем немодифицированные.

**Ключевые слова.** Флокулянт, модификация, макромолекулярные свойства, набухание, вязкость, светопоглощение, молекулярная масса

**Для цитирования:** Ульрих, Е. В. Изучение свойств модифицированных флокулянтов для выделения компонентов сыворотки / Е. В. Ульрих // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 2. – С. 117–128. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-2-117-128>.

## THE STUDY OF THE MODIFIED FLOCCULANTS PROPERTIES FOR WHEY COMPONENTS ISOLATION

**E.V. Ulrikh**

Kemerovo State Agricultural Institute,  
5, Markoutseva Str., Kemerovo, 650056, Russia

Received: 15.08.2017

Accepted: 22.06.2018

e-mail: [elen.ulrich@mail.ru](mailto:elen.ulrich@mail.ru)



© E.V. Ulrikh, 2018

**Abstract.** The development of scientific bases for isolation of whey components in food enterprises by means of flocculants is an urgent task that makes it possible to solve environmental issues and utilize valuable products (proteins, fat, lactose) that whey contains. The goal of the given work was to study the modified flocculant properties such as swelling and light absorption which have an effect on the completeness of components isolation from milk whey. The research objects of the scientific work were the following: flocculants based on polyacrylamide: Magnafloc 156, Magnaflok 24 and Magnaflok 919; modifiers: propylene glycol, ethylenechlorhydrin, propylene chlorohydrin, amino acids serine and glycine, and whey. The study took place in Kemerovo region. The obtained data reveal that though the swelling degree has approximately the same values, the swelling time of the original and modified flocculants decreases starting with Magnafloc 24 and up to Magnafloc 919. Magnafloc 156, a medium anionic polyelectrolyte with an average degree of macromolecule expansion, is the most optimal among them concerning the swelling rate. The author proved that as a result of modification the flocculants molecular weight increases 1.4–2.4 times. It is established that the average distance between the ends of macromolecules increases 1.3–1.8 times; there is a slight decrease in flexibility; hydrodynamic volume increases 1.33–9.9 times. The author experimentally established that the absorption peaks for the modified flocculants in the ultraviolet region shift to a longer wavelength region compared to the original polyelectrolytes. That indicates that due to the

modification process large particle aggregates have been formed. Based on the experiment, the following technological parameters were obtained for milk whey components isolation: flocculant concentration – 0.05%; amount of flocculant – 6 g/m<sup>3</sup>; temperature – 25–30°C; flocculation time – 10–20 min; feeding method – continuous; settling time – 60 min; angular speed of stirring – 30–40 rpm. The author offered a technological scheme for whey components isolation. It is proved that modified flocculants isolate valuable components from whey much better than unmodified ones.

**Keywords.** Flocculant, modification, macromolecular properties, swelling, viscosity, light absorption, molecular weight volume

**For citation:** Ulrikh E.V. The study of the modified flocculants properties for whey components isolation. *Food Processing: Technique and Technology*, 2018, vol. 48, no. 2, pp. 117–128 (In Russ.). <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-2-117-128>.

### Введение

Сбросы пищевых производств загрязняют окружающую среду. Пищеперерабатывающие предприятия ухудшают экологическую обстановку за счет сброса органических веществ (белков, жиров и углеводов), которые легко подвергаются загниванию и закисанию, являясь разносчиками болезнетворных микроорганизмов [1].

Во многих странах мира большое внимание уделяется проблеме очистки сточных вод молочного производства в связи с высокой концентрацией содержащихся в них органических веществ. Сточные воды молокоперерабатывающих предприятий представляют собой многокомпонентную дисперсную систему, содержащую белки, жиры, углеводы. Белки молочной сыворотки являются наиболее универсальным и ценным источником аминокислот. Однако, попадая в сточные воды молокоперерабатывающих предприятий, белки делают их опасными для окружающей среды вследствие потребления значительного количества кислорода при окислении [1].

Первичная механическая очистка сточных вод предприятий молочной промышленности включает такие способы выделения сывороточных белков, как отстаивание, фильтрование, центрифугирование, коагуляция, электрофорез, мембранные методы (ультрафильтрация), вторичная – биологическая очистка, основана на использовании закономерностей биохимического и физиологического самоочищения водоемов. Традиционно применяемые методы извлечения белков дороги, малоэффективны, не обеспечивают соблюдения требуемых стандартов по качеству воды и занимают значительные производственные площади [2, 3].

Повышение эффективности разделения эмульсий возможно таким физико-химическим методом, как флокуляция. Разработка научных основ очистки сточных вод пищевых предприятий и выделение ценных компонентов сыворотки (белков, жира, лактозы) флокулянтами – актуальная задача, позволяющая решать вопросы охраны окружающей среды и утилизации содержащихся в воде ценных продуктов [4].

Флокулянты – это водорастворимые высокомолекулярные соединения, которые при введении в дисперсные системы адсорбируются или химически связываются с поверхностью частиц дисперсной фазы и объединяют частицы в агломераты (флокулы), способствуя их быстрому осаждению. История применения высокомолекулярных веществ для очистки жидкостей от взвешенных примесей уходит своими корнями в глубокую древность. Так, еще за 2000 лет до н. э. в Индии вытяжки некоторых

растений, содержащие природные полимеры, применялись для очистки воды, а в Древней Греции природный полимер яичный белок использовался для осветления вин. В 18–19 веках природные полимеры желатин и крахмал стали использовать для очистки фруктовых соков. Несмотря на столь давнюю историю, практическое применение флокуляции в промышленных процессах началось в 1930–50 годах. Флокулянты использовали для очистки шахтных вод от частиц угля и глины, для выделения и обезвоживания шлаков фосфоритов при получении урановых солей, для интенсификации очистки промышленных сточных вод. Но действительно широкое применение флокулянты получили с середины 50-х годов в связи с необходимостью очистки увеличивающихся объемов сточных вод и модернизации технологических процессов, связанных с разделением твердых и жидких фаз. Когда возросший спрос в флокулянтах не мог больше удовлетворяться природными полимерами, началось внедрение органических искусственных (производных крахмала и целлюлозы) и чаще синтетических полимеров. Среди синтетических полимеров наибольшее распространение и применение получила группа полиакриламидных флокулянтов (ПФ). В связи с большой практической значимостью ПФ в статье рассмотрены свойства флокулянтов, необходимые для их эффективного использования [5].

Одной из наиболее важных характеристик флокулянтов, существенно влияющих на седиментационную устойчивость дисперсных систем, является молекулярная масса (ММ). Значение ММ у ПФ может варьироваться в пределах от десятков тысяч до нескольких миллионов.

Важной стадией при выделении ценных компонентов из сыворотки является процесс приготовления растворов флокулянтов, который включает в себя стадии набухания и растворения полимеров.

Процессы набухания и растворения полимеров по своей физической природе являются взаимодополняющими и существенно не отличаются друг от друга. Набухание происходит вследствие различных скоростей взаимной диффузии малых молекул растворителя и больших макромолекул полимера друг в друга [6]. При набухании граница раздела пропускает сквозь себя определенное количество растворителя и постепенно продвигается внутрь вещества со скоростью, равной скорости диффузии растворителя. [7]. Для того чтобы произошло растворение,

при котором  $\Delta G < 0$ , необходимо соблюдать следующие условия:

1)  $\Delta H < 0$  (тепло выделяется). Условие соблюдается за счет теплоты сольватации макромолекул набухания ПАА.

2)  $\Delta S < 0$ . Условие реализуется при растворении полимера, что объясняется появлением большого числа конформаций, потому что плотность когезионной энергии растворителя и полимера при близком химическом строении близки [8].

Известно, что промышленные образцы флокулянтов полидисперсны и представляют собой смесь полимергомологов с различной степенью полимеризации, молекулярной массой и длиной молекулярной цепочки. Основным свойством полиэлектролитов, определяющим структуру их макромолекул во всех растворах, является вязкость, на основе величины которой рассчитывается молекулярная масса полимера.

В настоящее время для изучения свойств модифицированных флокулянтов используют их способность поглощать свет в ультрафиолетовой области. Этот метод относится к абсорбционной спектроскопии и отличается чувствительностью, информативностью и простотой измерений [9].

Целью данной работы являлось изучение свойств модифицированных флокулянтов, таких как набухание и светопоглощение, влияющих на полноту выделения компонентов молочной сыворотки.

Основными задачами являлось определение степени набухания, вязкости и объемных характеристик модифицированных флокулянтов, а также определение оптической плотности флокулянтов в ультрафиолетовой области, зависящей от длины волны падающего света.

### Объекты и методы исследования

Объектами исследований в работе являлись:

1. Молочная сыворотка.
2. Флокулянты на основе полиакриламида (ПАА): Магнафлок 156 (М-156), Магнафлок 24 (М-24) и Магнафлок 919 (М-919).
3. Модификаторы: органические соединения, содержащие две функциональные группы – гидроксильную и атом хлора (этиленхлоргидрин (ЭХГ), пропиленхлоргидрин (ПХГ)). Пропиленгликоль (ПГ) является нетоксичным и часто используется в пищевой, парфюмерной промышленности. Аминокислоты являются дополнительным ценным компонентом премиксов, которые получают после осаждения компонентов молочной сыворотки. Опытным путем доказано, что наиболее активными из ряда аминокислот являются глицин и серин за счет наличия функциональных групп, способных вступать в реакцию с полиакриламидом. После осаждения компонентов сыворотки серин и глицин накапливаются в твердой фазе. С фильтратом уходит лишь 20 % модификаторов. Этиленхлоргидрин и пропиленхлоргидрин являются доступными, дешевыми отходами производства пропиленгликоля и имеют 4-й класс опасности, в премиксах они содержатся в дозировках, не превышающих ПДК.

Для определения растворимости полимера поступали следующим образом. В маленькие пробирки помещали 30–50 мг мелкоизмельченного полимера, заливали 1 мл растворителя и оставляли на 24 ч. Содержимое пробирок периодически перемешивали и встряхивали. Отмечали увеличение объема набухших полимеров до равномерного растворения их в воде. По полученным данным рассчитывали степень набухания, которая определяется объемом жидкости, поглощенной единицей объема вещества на данной стадии набухания при данной температуре.

На основании расчетов строили кривые набухания.

Графическим и аналитическим методами определяли кинетические характеристики модифицированных и немодифицированных флокулянтов.

Для определения молекулярной массы применяется уравнение Марка – Хаувинка.

Для раствора ПАА в воде константы уравнения составляют:  $K = 0,63 \cdot 10^{-4}$ ,  $\alpha = 0,8$ .

Поглощение света веществом в ультрафиолетовой (УФ) области спектра зависит от электронной структуры молекулы. Поглощение энергии – квантовый процесс, в котором электроны переходят с орбиталей основного состояния на орбитали возбужденных состояний с более высокими энергиями.

Избирательность УФ-поглощения позволяет использовать этот метод для качественного и количественного аналитического контроля. УФ-спектр представляет собой графическую зависимость оптической плотности от длины волны.

При изготовлении растворов для УФ-спектроскопии следовало правильно выбирать растворитель, поскольку для некоторых типов соединений растворитель за счет УФ-поглощения мог повлиять на вид спектра поглощения. Поэтому необходимо было убедиться, что полосы поглощения образца флокулянта лежат в области более длинных волн, чем полосы поглощения растворителя.

Для данного метода готовились растворы следующих концентраций: 0,5; 0,4; 0,3; 0,2; 0,1; 0,05 %.

В данной работе измерения проводили на фотометре КФК-3 в диапазоне волн от 200 до 240, строили графические зависимости оптической плотности (D) от длины волны ( $\lambda$ , нм).

По графическим зависимостям оптической плотности от длины волны определяли особенности структуры исходных и модифицированных флокулянтов.

### Результаты и их обсуждение

Исходя из экспериментальных данных рассчитали степень набухания  $\alpha$  и построили графические зависимости кинетики процесса набухания. На рис. 1. представлены кривые набухания для М-156.

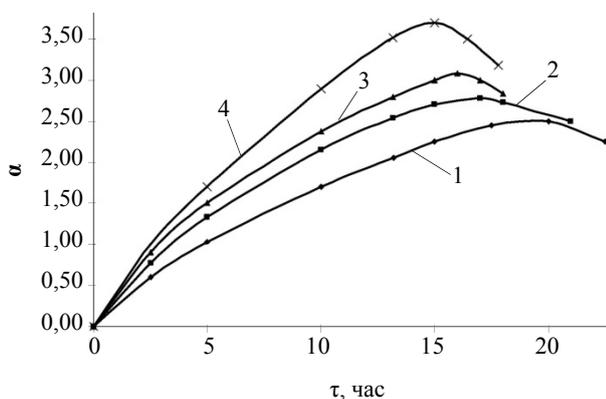


Рисунок 1 – Кривые набухания исходного и модифицированного флокулянта М-156: 1 – исходный; 2, 3, 4 – модифицированный ПГ, ПХГ, ЭХГ соответственно

Figure 1 – Swelling curves for original and modified flocculant M-156: 1 – original; 2, 3, 4 – modified propylene glycol, propylene chlorohydrin, and ethylenechlorohydrin respectively

Таблица 1 – Сравнительная характеристика процесса набухания

Table 1 – Swelling process comparative analysis

Флокулянт	Модификатор	$\tau^*$ , ч	$\alpha$
М-24	–	19	2,40
	ПГ	18	2,75
	ПХГ	16	3,10
	ЭХГ	15	3,60
М-919	–	17	2,50
	ПГ	15	2,90
	ПХГ	13	3,00
	ЭХГ	11	3,60

$\tau^*$  – оптимальное время набухания при максимальном значении  $\alpha$

$\tau^*$  – optimal swelling time at  $\alpha$  maximum value

Полученные графические зависимости, относящиеся к процессам с неограниченным набуханием, ассиметричны с ярко выраженным максимумом: первая ветвь графика (восходящая) соответствует истинному времени набухания, она велика и составляет 2/3 от всего времени набухания. Вторая ветвь (ниспадающая), характеризующая растворение образцов, мала и составляет 1/3 общего времени приготовления растворов. Из графических зависимостей следует, что лимитирующим процессом приготовления растворов всех флокулянтов является непосредственно стадия набухания – первая ветвь графических экспериментальных данных. Для наглядности построена сводная таблица (табл. 1), содержащая сравнительную информацию по основным характеристикам процесса – времени набухания ( $\tau^*$ ) и степени набухания ( $\alpha$ ) исходных и модифицированных флокулянтов с использованием различных модификаторов.

Из полученных данных следует, что при близких значениях  $\alpha$  время набухания для исходных и модифицированных флокулянтов убывает в ряду:  $\tau_{M-24} > \tau_{M-919} > \tau_{M-156}$ . Наиболее оптимальным по скорости набухания является среднеанионный полиэлектролит (ПЭ) М-156 со средней степенью разветвления макромолекул. При определении

влияния типа модификатора на время набухания ( $\tau$ ) установлено, что оно убывает в ряду:  $\tau_{ПГ} > \tau_{ПХГ} > \tau_{ЭХГ}$ . Этот порядок расположения объясняется различным характером взаимодействия модификатора с ПЭ и различной гидрофобностью его набухающих частиц. Чем более гидрофобным является модификатор, тем меньше степень набухания полиэлектролита.

Экспериментально установлено, что процессы набухания и растворения в присутствии модификатора значительно ускоряются. Именно во время набухания в присутствии воды происходит химическая сшивка макромолекул, при растворении постепенно отделяющихся от кристаллической поверхности флокулянтов и уходящих в раствор, т. е. каждая из макромолекул уносит с собой в раствор молекулы закрепившегося на ней модификатора. Экспериментально установлено, что вода необходима для создания благоприятных условий сшивки. Так, при «сухой» модификации, по данным ИК-спектров сухих форм ПЭ, пропитанных модификаторами, образование новых связей С–N не обнаружено. Причины различной скорости набухания ПЭ объяснялись дополнительно рассчитанными значениями величин ГЛБ (гидрофильно-липофильный баланс). На основании литературных данных [10] групповым методом рассчитана величина ГЛБ для модификаторов:  $ГЛБ_{ПГ} = 2,375$ ,  $ГЛБ_{ЭХГ} = 0,47$ ,  $ГЛБ_{ПХГ} = 0$ . Наибольшую скорость набухания имеют полиэлектролиты, пропитанные ЭХГ. Это объясняется тем, что степень гидрофобности поверхности частиц полимера в присутствии ЭХГ ниже, чем у ПХГ. Она достаточна для предотвращения слипания его частиц при контакте с растворителем и не препятствует дальнейшему растворению модифицированного полимера в воде. Более разветвленные молекулы модификатора – ПХГ за счет повышения гидрофобности в большей степени отталкивают воду, и набухание пропитанного им флокулянта замедляется.

Результаты расчетов ММ для исходных и модифицированных флокулянтов приведены в табл. 2.

В результате сшивки различными модификаторами молекулярная масса исходных полимеров возрастает в 1,4–2,4 раза. Такое нарастание ММ обусловлено как превращением глобулярной формы макромолекул в фибриллярную, так и за счет увеличения объема макромолекул при взаимодействии полимерных цепей и модификаторов, приводящем к их сшивке. Наибольший эффект наблюдается в случае применения в качестве модификатора ПГ, что можно объяснить теорией химического строения, согласно которой между функциональными группами ПАА и модификатора возможно возникновение водородных связей с различной энергетической характеристикой. В итоге образуются прочные блочные сетчатые надмолекулярные структуры ПАА – модификатор с повышенной ММ. В случае использования хлоргидринов возможно образование тех же

структур за счет водородных и дополнительных ковалентных связей [11].

Как правило, с увеличением ММ флокулирующая способность ПФ возрастает, что позволяет снизить дозу полимера. Это обусловлено возможностью больших макромолекул связывать большее число исходных частиц в крупные хлопья посредством полимерных мостиков между частицами. Расчеты показывают, что только двукратное увеличение размеров макромолекул должно вызывать увеличение скорости флокуляции на 1–2 порядка. Следовательно, флокулирующая способность полимера определяется не столько степенью полимеризации, сколько размерами, занимаемыми макромолекулами в растворенном и адсорбированном состоянии.

Для управления физико-химическими свойствами используемых анионных флокулянтов и их оптимального использования необходимо знать особенности внутренней организации макромолекул ПЭ: размер, форму и объемные характеристики. В качестве параметров, характеризующих размер и форму макромолекул, принимают среднестатистическое расстояние между концами молекулярной цепочки  $h$ , гибкость  $\Gamma$  (безразмерная величина), равную отношению  $h$  к молекулярной массе, и гидродинамический объем ( $V_M^r$ ), занимаемый единицей массы макромолекул. В ряду этих свойств особая роль принадлежит гибкости макромолекул. Причина гибкости кроется в особенностях строения макромолекул полиэлектролитов. Она обусловлена вращением одних участков цепи относительно других вокруг одинарных валентных связей, соединяющих соседние атомы углерода. Для перемещения отдельных сегментов макромолекул необходимо преодоление энергетических барьеров (т. е. достижение определенной величины энергии активации). Эта величина зависит в основном от природы атомов, из которых построена цепь. При вращении макромолекул вокруг связи С–С образуются поворотные изомеры. Поэтому растворы полимеров являются смесью поворотных изомеров. Чем гибче молекула, тем меньше неподвижных сегментов. У неполярных цепей

сегменты небольшие, у полярных их длина увеличивается. При этом необходимо учитывать и влияние соседних макромолекул. Разветвление цепи («бахромчатые» макромолекулы) увеличивает ее жесткость, т. е. снижает гибкость. Данные расчетов перечисленных характеристик для исходных и модифицированных анионных флокулянтов приведены в табл. 3 и 4.

Из табличных данных следует, что наибольшие значения объема и расстояния между концами за счет высокой (70 %) анионности, приводящей к отталкиванию одноименно заряженных сегментов, имеют макромолекулы М-919.

Таблица 2 – Молекулярные массы исходных и модифицированных анионных флокулянтов

Table 2 – Molecular masses of original and modified anionic flocculants

Модификатор	Флокулянт	$[\eta]$ , см <sup>3</sup> /г	Молекулярная масса, млн а. е. м.
Без модификатора	М-156	46,9	18,8
		73,3	29,3
		49,2	19,8
		64,9	25,9
Без модификатора	М-919	31,1	30,0
		77,3	60,9
		51,9	40,7
		75,1	50,0
Без модификатора	М-24	27,1	10,8
		49,9	19,9
		38,0	15,2
		43,3	17,2

Таблица 3 – Объемные характеристики макромолекул исходных флокулянтов

Table 3 – Volumetric characteristics of the original flocculant macromolecules

Флокулянт	$h \cdot 10^5$ , см	$\Gamma \cdot 10^{12}$	$V_M^r \cdot 10^{-3}$ , нм <sup>3</sup>
М-919	7,5	4,0	26,5 ÷ 8,7
М-156	5,7	4,6	17,2 ÷ 5,3
М-24	5,2	4,8	10,3 ÷ 1,6

Таблица 4 – Объемные характеристики модифицированных флокулянтов

Table 4 – Volumetric characteristics of the modified flocculants

Флокулянт	Модификатор	$h \cdot 10^5$ , см	$m^*$	$\Gamma \cdot 10^{12}$	$n^*$	$V_M^r \cdot 10^{-3}$ , нм <sup>3</sup>	$p^*$
М-156	ПГ	9,5	1,27	3,2	0,8	26,9 ÷ 8,6	1,53 ÷ 1,48
	ЭХГ	7,8	1,1	3,9	0,88	23,4 ÷ 7,4	1,33 ÷ 1,29
	ПХГ	9,0	1,2	3,5	0,98	25,5 ÷ 8,1	1,45 ÷ 1,41
М-919	ПГ	10,4	1,8	3,3	0,70	62,5 ÷ 17,7	9,9 ÷ 7,6
	ЭХГ	8,01	1,4	3,8	0,74	22,7 ÷ 7,2	4,1 ÷ 3,4
	ПХГ	10,2	1,7	3,4	0,83	58,1 ÷ 16,6	9,2 ÷ 7,1
М-24	ПГ	8,2	1,6	4,1	0,85	22,7 ÷ 7,4	5,2 ÷ 4,4
	ЭХГ	6,3	1,2	4,2	0,88	17,9 ÷ 5,7	3,6 ÷ 3,1
	ПХГ	7,9	1,5	4,6	0,90	22,4 ÷ 7,1	5,1 ÷ 4,3

$$m^* = \frac{h}{h_0}; n^* = \frac{\Gamma}{\Gamma_0}; p^* = \frac{V_M^r}{V_{M_0}^r}; \text{ где } h_0, \Gamma_0, V_{M_0}^r - \text{соответствующие величины для исходных флокулянтов.}$$

При этом величина гибкости его макромолекул наименьшая, так как из-за больших размеров конформации изменчивость макромолекул данного полимера ограничена. За счет меньших размеров макромолекул, геометрических параметров ( $h$ ,  $V_M^r$ ) и пониженной ММ более гибкими являются макромолекулы флокулянта М-24. Аналогичные необходимые сравнительные данные для модифицированных флокулянтов приведены в табл. 5 и позволяют количественно на молекулярном уровне оценить эффект модификации.

Сравнение табличных данных приводит к следующим выводам:

- среднестатистическое расстояние между концами модифицированной макромолекулы увеличивается в 1,3–1,8 раза;
- наблюдается незначительное уменьшение гибкости;
- гидродинамический объем увеличивается в 1,33–9,9 раза;
- наибольшее повышение активности концевых групп наблюдается у высокоанионного флокулянта, наименьшее – у низкоанионного, построен сравнительный ряд величин:  $h_1 < h_3 < h_2$ ;
- построен сравнительный ряд гидродинамических объемов для всех флокулянтов  $V_{1M}^r < V_{3M}^r < V_{2M}^r$ , то есть характер изменения гидродинамических объемов тот же, что для расстояний между концами макромолекул;
- максимальное изменение гидродинамического объема наблюдается при использовании в качестве модификатора пропиленгликоля и пропиленхлоргидрина, имеющих в своем составе по три атома углерода и по две активные функциональные группы.

Результаты расчетов для модифицированного глицином, ультразвуком (УЗ) и микроволновым излучением (МВИ) флокулянта М-919 приведены в табл. 5.

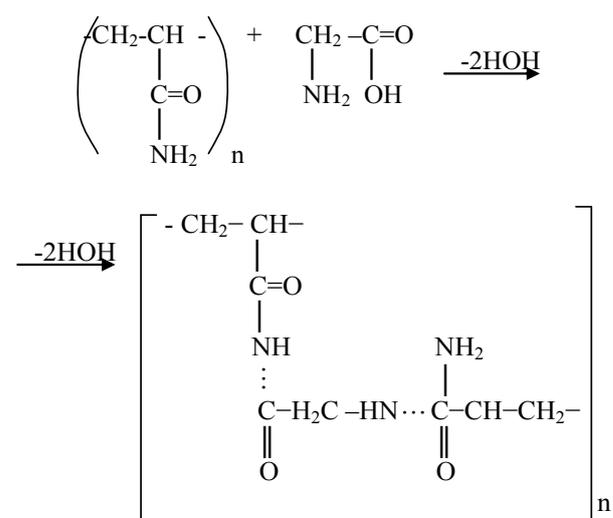
Из сравнения табличных данных для исходных и модифицированных флокулянтов следует, что в результате сшивки глицином и в результате физического воздействия характеристическая вязкость полимеров возрастает в 1,36–2 раза. Согласно литературным данным [7, 10] такое нарастание вязкости обусловлено как превращением глобулярной формы макромолекул в фибриллярную, так и взаимодействием полимерных цепей и модификаторов в результате специфического воздействия УЗ и МВИ, приводящего к их молочной сшивке.

Наибольший эффект наблюдается в случае применения в качестве модификатора аминокислоты глицина с дополнительным воздействием на раствор МВИ. Это объясняется тем, что под влиянием физического воздействия происходит частичная деструкция полимеров, сопровождающаяся возникновением новых связей и изменением структуры полимера. Происходит переход от

линейных полимеров к пространственным, характерный для ПАА, сопровождающийся увеличением молекулярной массы [2].

На основании теории химического строения между функциональными группами ПАА и модификатора возможно возникновение водородных и ковалентных связей с различной энергетической характеристикой. В итоге образуются прочные блочные сетчатые надмолекулярные структуры с повышенной ММ: ПАА – модификатор.

При модификации глицином сшивка происходит за счет кислотно-основного взаимодействия:



В качестве параметров, характеризующих размер и форму макромолекул, рассчитаны также среднестатистическое расстояние между концами молекулярной цепочки  $h$ , гибкость  $\Gamma$  и гидродинамический объем ( $V_M^r$ ).

Данные расчетов перечисленных характеристик для модифицированного глицином и физическими воздействиями М-919 приведены в табл. 6. Приведенные сравнительные данные позволяют количественно оценить на молекулярном уровне эффект модификации и эффект влияния физического воздействия (УЗ и МВИ) на процесс модификации.

Таблица 5 – Характеристическая вязкость и молекулярная масса для модифицированного М-919

Table 5 – Characteristic viscosity and molecular mass of the modified flocculant M-919

Флокулянт	Модификатор	$[\eta]$ , см <sup>3</sup> /г	ММ, млн а. е. м.	$K^*$
М-919	глицин	160,5	63	2,1
	глицин + МВИ	170,6	65	2,2
	глицин + УЗ	146	55	1,83

$K^*$  – коэффициент отношения ММ модифицированного флокулянта к ММ исходного флокулянта

$K^*$  – coefficient of correlation between modified flocculant molecular mass and original flocculant molecular mass

Таблица 6 – Объемные характеристики модифицированных флокулянтов

Table 6 – Volumetric characteristics of the modified flocculants

Флокулянт	Модификатор	$h \cdot 10^5$ , см	$m^*$	region $\Gamma \cdot 10^{12}$	$n^*$	$V_M^{\Gamma} \cdot 10^{-3}$ , нм <sup>3</sup>	$p^*$
М-919	глицин	14,5	1,22	2,2	0,82	234,1 ÷ 57,0	3,44 ÷ 2,99
	глицин + УЗ	13,9	1,17	2,3	0,86	171,46 ÷ 31,62	2,52 ÷ 1,66
	глицин + МВИ	15,4	1,3	2,1	0,78	265,5 ÷ 66,88	3,9 ÷ 3,51

$$m^* = \frac{h}{h_0}; n^* = \frac{\Gamma}{\Gamma_0}; p^* = \frac{V_M^{\Gamma}}{V_{M_0}^{\Gamma}}; \text{ где } h_0, \Gamma_0, V_{M_0}^{\Gamma} - \text{соответствующие величины для исходных флокулянтов.}$$

Таблица 7 – Свойства растворов флокулянтов

Table 7 – Flocculant solution properties

Модификатор, воздействие	Флокулянт	$[\eta]$ , см <sup>3</sup> /г	ММ, млн а. е. м.	$K^*$
МВИ	М-919	153,9	50,25	1,6
Серин (С)		160,0	63,0	2,1
С + МВИ		178,5	66,57	2,2

$K^*$  – коэффициент отношения ММ модифицированного флокулянта к ММ исходного флокулянта

$K^*$  – coefficient of correlation between modified flocculant molecular mass and original flocculant molecular mass

Сравнение табличных данных приводит к следующим выводам: в результате модификации среднестатистическое расстояние между концами макромолекулы увеличивается в 1,1–1,3 раза в ряду модификаторов ПГ < глицин + УЗ < глицин < глицин + МВИ при незначительном уменьшении гибкости, а гидродинамический объем повышается в 1,7–3,9 раза.

Экспериментально установлено, что максимальное изменение гидродинамического объема наблюдается при использовании в качестве модификатора глицина, молекула которого имеет в своем составе две активные функциональные группы.

По методике измерения кинематической вязкости с помощью уравнения Марка – Хаувинка определяли молекулярную массу флокулянтов, модифицированных серином и микроволновым излучением. Результаты расчетов представлены в табл. 7.

Из данных табл. 7 следует, что в результате модификации макромолекулы М-919 характеристическая вязкость и молекулярная масса полимера возрастает в 1,6–2,2 раза. Такое нарастание вязкости обусловлено взаимодействием полимерных цепей с модификатором серином и радикалами, полученными в результате специ-

ческого воздействия МВИ. Наибольший эффект наблюдается в случае двухстадийной модификации (С + МВИ).

Необходимо знать особенности внутренней организации макромолекул ПЭ: размер, форму и объемные характеристики макромолекул. Результаты расчетов данных характеристик представлены в табл. 8.

Из табл. 8 следует, что в результате модификации среднестатистическое расстояние между концами макромолекулы увеличивается в 1,26–1,38 раза, а гидродинамический объем повышается примерно в 3,4–7,6 раза.

Зависимости оптической плотности от длины волны для М-919, облученного МВИ в УФ-диапазоне, представлены на рис. 2 и 3.

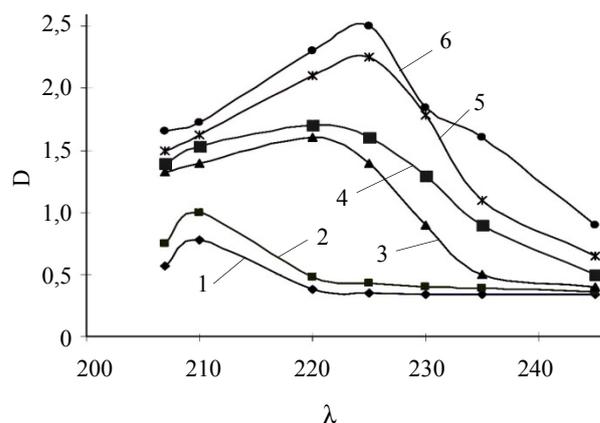


Рисунок 2 – Зависимость оптической плотности от длины волны для флокулянта М-919 при облучении МВИ с концентрациями: 1 – 0,05; 2 – 0,1; 3 – 0,2; 4 – 0,3; 5 – 0,4; 6 – 0,5 %

Figure 2 – Dependence of optical density on the wavelength for flocculant M-919 (under microwave radiation) having the following concentrations: 1 – 0.05; 2 – 0.1; 3 – 0.2; 4 – 0.3; 5 – 0.4; 6 – 0.5%

Таблица 8 – Объемные характеристики модифицированных флокулянтов

Table 8 – Volumetric characteristics of the modified flocculants

Флокулянт	Модификатор	$h \cdot 10^5$ , см	$m^*$	$\Gamma \cdot 10^{12}$	$n^*$	$V_M^{\Gamma} \cdot 10^{-3}$ , нм <sup>3</sup>	$p^*$
М-919	С	15,5	1,30	2,2	0,81	260,5 ÷ 66,70	3,8 ÷ 3,4
	С + МВИ	16,5	1,38	2,4	0,88	525,1 ÷ 118,2	7,6 ÷ 6,1
	МВИ	15,0	1,26	2,0	0,74	327,3 ÷ 75,4	4,7 ÷ 3,9

$$m^* = \frac{h}{h_0}; n^* = \frac{\Gamma}{\Gamma_0}; p^* = \frac{V_M^{\Gamma}}{V_{M_0}^{\Gamma}}; \text{ где } h_0, \Gamma_0, V_{M_0}^{\Gamma} - \text{соответствующие величины для немодифицированных флокулянтов.}$$

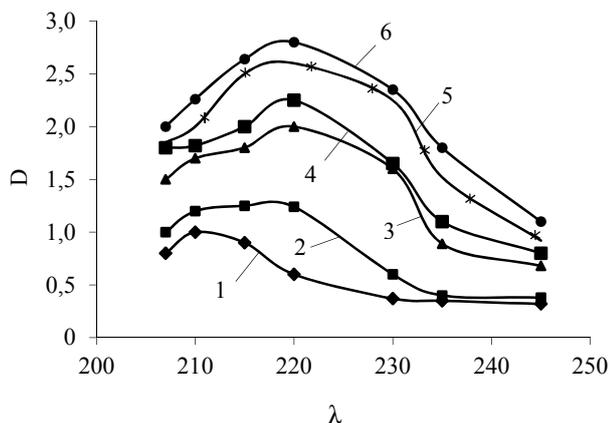


Рисунок 3 – Зависимость оптической плотности от длины волны для модифицированного С + МВИ флокулянта М-919 с концентрациями: 1 – 0,05; 2 – 0,1; 3 – 0,2; 4 – 0,3; 5 – 0,4; 6 – 0,5 %

Figure 3 – Dependence of optical density on the wavelength for the flocculant M-919 (modified using serine + microwave radiation) having the following concentrations: 1 – 0.05; 2 – 0.1; 3 – 0.2; 4 – 0.3; 5 – 0.4; 6 – 0.5%

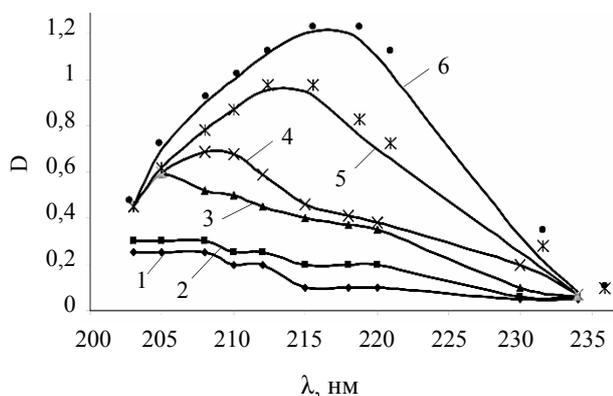


Рисунок 4 – Зависимости оптической плотности от длины волны для исходного флокулянта М-919 с концентрациями: 1 – 0,05; 2 – 0,1; 3 – 0,2; 4 – 0,3; 5 – 0,4; 6 – 0,5 %

Figure 4 – Dependence of optical density on the wavelength for the original flocculant M-919 having the following concentrations: 1 – 0.05; 2 – 0.1; 3 – 0.2; 4 – 0.3; 5 – 0.4; 6 – 0.5%

Анализируя графические данные, можно сделать вывод о том, что имеются отличия в расположении максимумов на кривых. Для флокулянтов, обработанных МВИ, сдвиг максимумов поглощения в сторону более длинных волн наблюдается в более концентрированных растворах. Это объясняется происходящим в этих растворах непрерывным образованием и разрушением ассоциатов за счет сил межмолекулярного взаимодействия, размеры которых возрастают по мере увеличения концентрации ПАА (т.к. появляется большое количество макромолекул полимера).

Экспериментально установлено, что пики поглощения модифицированных флокулянтов сдвигаются в область более длинных волн, высота максимумов поглощения модифицированных полимеров значительно смещена в длинно-

волновую область по сравнению с исходными полиэлектролитами, что указывает на образование более крупных агрегатов частиц за счет процесса сшивки. Экспериментально методом спектрофотометрии установлено, что чем выше степень нарастания вязкости полученных растворов, тем выше их оптическая плотность [10]. Этот факт объясняется образованием структур, подобных вторичным винтовым структурам белков, т.к. ПАА является известной стандартной моделью белка. При этом водородные связи могут образовываться между карбонильными группами СО и аминогруппами NH<sub>2</sub>: атом кислорода со свободной парой электронов приближается к поляризованному атому водорода аминогруппы, и возникают силы электростатического взаимодействия. Энергия связи может достигать 10–50 кДж/моль, что составляет 10 % от энергии главных валентных связей.

Электронные спектры при измерении оптической плотности в УФ области из-за наложения большого количества колебательных и вращательных энергетических переходов электронов широки, и на них отсутствуют отдельно разрешенные пики. Наибольший интерес представляют следующие характеристики УФ-спектра: число максимумов, их положение по шкале длин волн (или частот), высота максимумов, форма полос поглощения. На основании экспериментальных данных для всех вариантов модификации построены сравнительные графические зависимости оптической плотности растворов флокулянтов (D) от длины волны (λ) в УФ-области в интервале длин волн 200–240 нм. Область УФ-поглощения отнесена к амидным и карбоксильным функциональным группам, обладающим высокой полярностью. Полученные УФ-спектры для М-919 представлены на рис. 4.

На основе анализа полученных данных установлено, что максимумы областей поглощения модифицированных флокулянтов ( $\lambda_{max}$ ) сдвинуты в область более длинных волн (признак уплотнения оптических систем), а увеличение их высоты доказывает получение более развернутых объемных структур.

Дополнительный уточненный подбор флокулянтов был проведен с помощью пробной флокуляции для 100 мл молочной сыворотки. Установлено, что использование анионных флокулянтов типа М-24 и М-156 не приводило к осаждению компонентов молочной сыворотки, для дальнейших испытаний был выбран только анионный флокулянт М-919. В качестве модификаторов были дополнительно использованы аминокислоты – глицин и серин. Результаты эксперимента с использованием образцов флокулянта М-919, модифицированных аминокислотой глицином и пропиленгликолем, а также растворов полиакриламида, модифицированных при совместном воздействии химически активного модификатора и физического воздействия

ультразвука и микроволнового излучения, представлены на рис. 5.

Из рис. 5 следует, что в области I наблюдается максимальное выделение компонентов молочной сыворотки при дозе флокулянта 0,6 мл (100 мл молочной сыворотки). Реализуется нейтрализационный механизм флокуляции. При увеличении дозы флокулянта степень выделения компонентов молочной сыворотки уменьшается (область II), в которой, согласно явлению неправильных рядов, при использовании многозарядного иона-осадителя происходит перезарядка коллоидных частиц и их стабилизация. При дальнейшем резком увеличении расхода флокулянта вновь наблюдается осаждение компонентов молочной сыворотки (область III). Реализуется механизм мостикообразования.

Величина pH сыворотки является важным фактором управления производственным процессом. От величины pH зависят многие производственные показатели, в частности:

- коллоидное состояние белков сыворотки и, следовательно, стабильность полидисперсной системы сыворотки;
- состояние равновесия между ионизированным и коллоидно распределенным фосфатом кальция и обусловленная этим термоустойчивость белковых веществ.

В нашем случае величина активности водородных ионов оказывает решающее влияние на качество и выход готового продукта, т. е. степень выделения компонентов молочной сыворотки. Зависимость степени выделения компонентов молочной сыворотки от значения pH показана на рис. 6.

Из рис. 6 следует, что оптимальным значением pH сыворотки, при котором наблюдается максимальное выделение ее компонентов, является диапазон этого показателя 4,3–4,8.

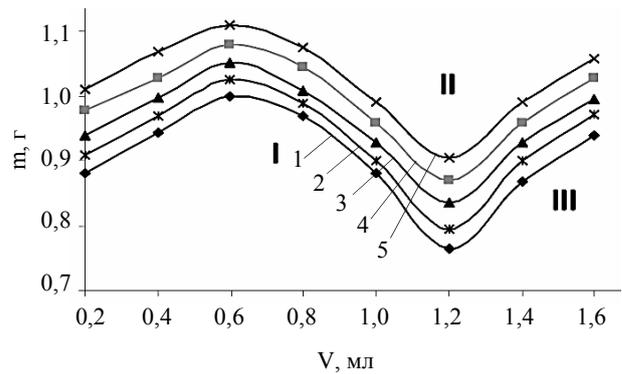
Определение оптимального температурного режима проводилось с учетом массы выделившегося осадка компонентов из 100 мл молочной сыворотки. Температура изменялась в диапазоне 10–60 °С.

Зависимость массы осадка от температуры сыворотки отображена на рис. 7.

Из анализа графической зависимости следует, что оптимальная температура выделения компонентов сыворотки составляет 30 °С. В начале нагревания в результате увеличения скорости частиц происходит некоторая дезагрегация ассоциатов белков, и масса осадка увеличивается.

Затем, начиная примерно с 30 °С, наряду с дезагрегацией происходит агломерация глобул белка, обусловленная их денатурацией, и степень выделения резко снижается. В результате тепловой денатурации кроме разрыва водородных связей белковой частицы происходит их дегидратация, что облегчает агрегацию белковых частиц. Белковая глобула в результате денатурации становится менее устойчивой. Происходит развертывание структуры белковых молекул с освобождением реактивных

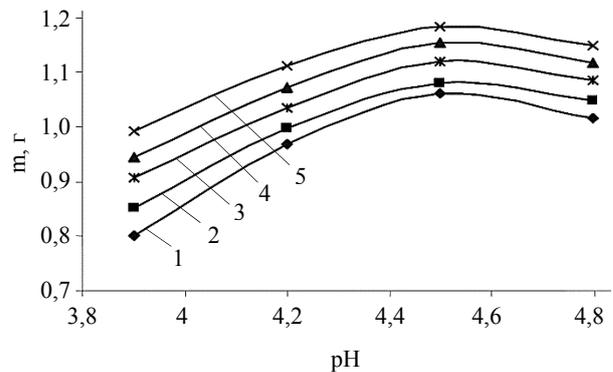
групп, ранее находившихся внутри молекулы, при котором изменяется энергия межмолекулярных взаимодействий.



1 – М-919 исх; 2 – М-919 + МВИ + Гл;  
3 – М-919 + ПГ; 4 – М-919 + Гл; 5 – М-919 + УЗ + Гл

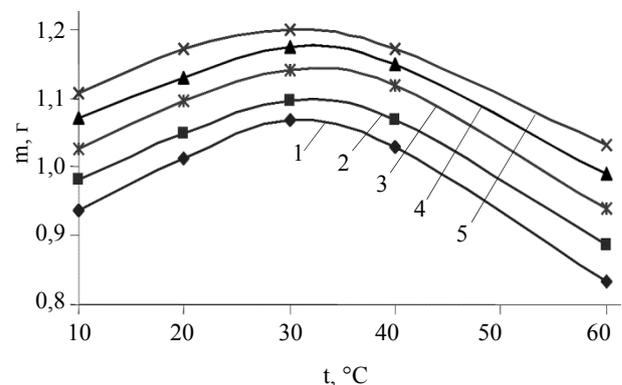
Рисунок 5 – Зависимость массы осадка от расхода флокулянта

Figure 5 – Dependence of residue mass on the amount of flocculant used



1 – М-919 исх; 2 – М-919 + УЗ;  
3 – М-919 + МВИ; 4 – М-919 + Гл; 5 – М-919 + ПГ

Рисунок 6 – Зависимость массы осадка от pH сыворотки  
Figure 6 – Dependence of residue mass on pH of whey



1 – М-919 исх; 2 – М-919 + УЗ + Гл;  
3 – М-919 + Гл; 4 – М-919 + Гл + МВИ; 5 – М-919 ПГ

Рисунок 7 – Зависимость массы осадка от температуры сыворотки

Figure 7 – Dependence of residue mass on whey temperature

Развертывание компактной глобулы белка в результате денатурации способствует увеличению степени доступности пептидных связей к действию полиэлектролитов. Наибольшая степень осаждения наблюдается при использовании флокулянта, модифицированного глицином, имеющего в своей структуре большее количество свободных аминогрупп. Введение анионного полиакриламида приводит к разрыхлению солевых связей при одновременном смещении диссоциации в сторону изоэлектрической точки и нейтрализации поверхностных зарядов белковой частицы. Все основные сывороточные белки в соответствии со своей молекулярной структурой чувствительны к нагреванию. При температуре нагрева до 30 °С происходят тонкие структурные изменения, зависящие от времени, при этом белки приобретают большую агрегативную устойчивость.

С другой стороны, известно, что сдвиг  $t^{\circ}$  осаждения от области максимума в сторону ее снижения резко уменьшает вязкость полученных модифицированных флокулянтов, что заметно сказывается на степени выделения осадка.

При повышении  $t^{\circ}$  (более 40 °С) наблюдается монотонное падение вязкости. Это объясняется действием конкурирующего процесса деструкции макромолекул флокулянта, приводящего к разрыву скелетных С–С связей и снижению вязкости.

Начиная с 50 °С, необратимая денатурация зависит от продолжительности температурного воздействия, концентрации белка в растворе, величины рН, ионной силы и вида ионов.

*Скорость перемешивания растворов.* Наибольшая степень осаждения наблюдается при использовании флокулянта, модифицированного оксиаминокислотой серином с дополнительным воздействием микроволнового излучения. Проведены исследования по выяснению влияния и других факторов на процесс выделения компонентов сыворотки. Определение оптимальной скорости перемешивания проводилось с учетом массы выделившегося осадка из молочной сыворотки. Зависимость степени осаждения от скорости перемешивания изображена на рис. 8.

Представленные на рис. 8 данные указывают на то, что оптимальная скорость перемешивания составляет 40 об/мин.

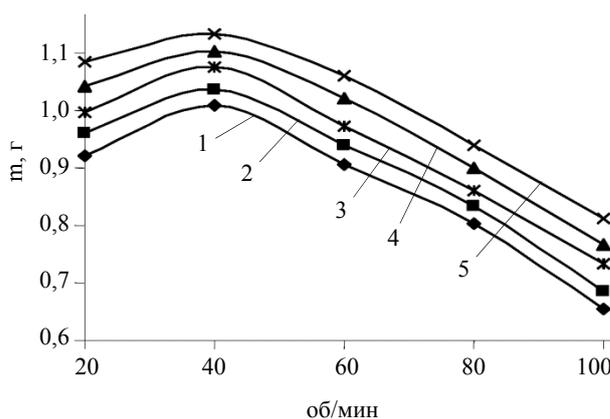
На основании эксперимента для выделения компонентов молочной сыворотки и получены следующие технологические параметры:

- концентрация флокулянта – 0,05 %;
- доза флокулянта – 6 г/м<sup>3</sup>;
- температура – 25–30 °С;
- время флокуляции – 10–20 мин;
- способ подачи – непрерывный;
- время отстоя – 60 мин;
- угловая скорость перемешивания – 30–40 об/мин.

Для подтверждения факта выделения ценных пищевых компонентов из молочной сыворотки методом флокуляции и доказательства преимущества выделения компонентов сыворотки модифицированными флокулянтами был проведен стандартный аналитический контроль фильтрата на содержание в нем жира и белка, результаты которого представлены в табл. 9.

Из табличных данных следует, что при использовании немодифицированных флокулянтов полнота выделения белка составляет 83 %, жира – 50 %, а при использовании модифицированных флокулянтов белок и жир выделяются практически полностью.

По результатам исследований предложена технологическая схема выделения компонентов молочной сыворотки, представленная на рис. 9.



1 – М-919 исх; 2 – М-919 + УЗ;  
3 – М-919 + МВИ; 4 – М-919 + Гл; 5 – М-919 + ПГ

Рисунок 8 – Зависимость массы осадка от скорости перемешивания

Figure 8 – Dependence of residue mass on speed of stirring

Таблица 9 – Содержание компонентов сыворотки в фильтрате

Figure 9 – Technological scheme for whey components isolation

Тип флокулянта	Белок, %	Степень выделения, %	Жир, %	Степень выделения, %
М-919 исходный	0,1	83	0,05	50
М-919 + ПГ	–	100	–	100
М-919 + глицин	–	100	–	100
М-919 + глицин + УЗ	–	100	–	100
М-919 + глицин + МВИ	–	100	–	100

### Вывод

Таким образом, в статье изучены вязкостные, макромолекулярные, структурно-механические и оптические свойства модифицированных

флокулянтов, применяемых для выделения компонентов молочной сыворотки. Предложена технология выделения ценных компонентов сыворотки.

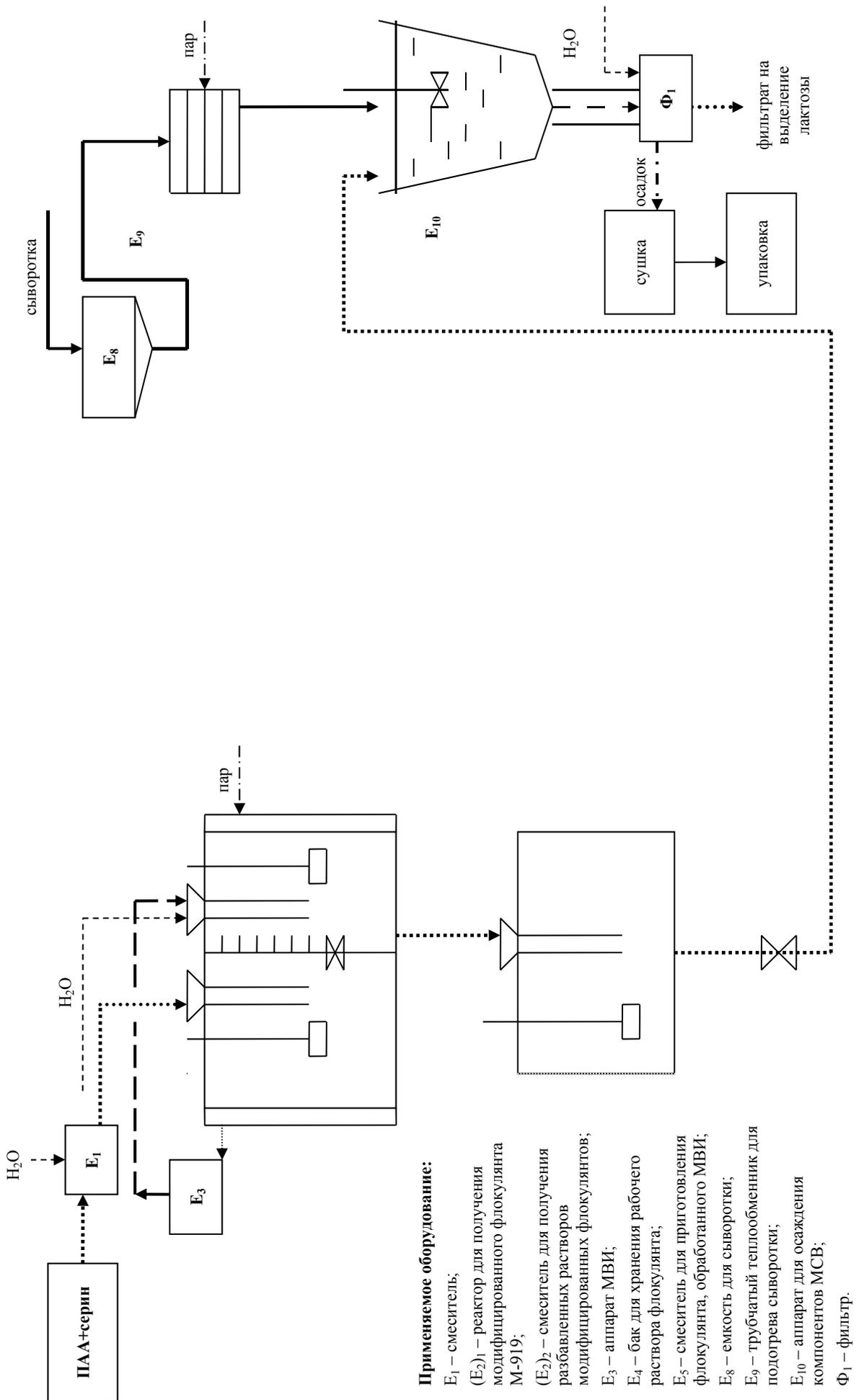


Рисунок 9 – Технологическая схема выделения компонентов молочной сыворожки

Figure 9 – Technological scheme for whey components isolation

## Список литературы

1. Рациональные технологии переработки кислой молочной сыворотки / И. А. Евдокимов [и др.] // Молочная промышленность. – 2007. – № 11. – С. 45–48.
2. Соколова, З. С. Технология сыра и продуктов переработки сыворотки / З. С. Соколова, Л. И. Лакомова, В. Г. Тиняков. – М. : Агропромиздат, 1992. – 335 с.
3. Revealing the characteristics of a novel bioflocculant and its flocculation performance in *Microcystis aeruginosa* removal / P. Sun [et al.] // *Scientific Reports*. – 2015. – Dec. 2. – P. 5. <https://doi.org/10.1038/srep17465>.
4. Ульрих, Е. В. Концепция очистки молочных смывных вод / Е. В. Ульрих // Молочная промышленность. – 2011. – № 6. – С. 85–86.
5. Свойства деструктивно модифицированных флокулянтов / Е. В. Ульрих [и др.] // Журнал прикладной химии. – 2010. – Т. 83, № 3. – С. 522–524.
6. High performance polymeric flocculants based on modified polysaccharides – Microwave assisted synthesis / S. Pal [et al.] // *Carbohydrate Polymers*. – 2012. – Vol. 87, iss. 1. – P. 336–342. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2011.07.052>.
7. Liu, M. Effect of modified sludge on the particles flocculation and swelling slurry stability in the co-slurry of sludge and petroleum coke / M. Liu, X. Zhang, L. Zhao // *International Journal of Chemical Reactor Engineering*. – 2017. – Vol. 15, iss. 3. – P. 1–10. <https://doi.org/10.1515/ijcre-2016-0120>.
8. Modified modifiers water treatment energy residual as flocculant for *Microcystis aeruginosa* removal and water purification / H.-Q. Wang [et al.] // *International Journal of Environmental Science and Technology*. – 2017. – Vol. 14, № 11. – P. 2543–2550. <https://doi.org/10.1007/s13762-017-1381-4>.
9. Divakaran, R. Flocculation of algae using chitosan / R. Divakaran, V.N.S. Pillai // *Journal Applied Phycology*. – 2002. – Vol. 14 (5). – P. 419–422. <https://doi.org/10.1023/A:1022137023257>.
10. Феофанов, Ю. А. Коагуляционная очистка сточных вод предприятий молочной промышленности / Ю. А. Феофанов, Н. Л. Литманова // Переработка молока: технология, оборудование, продукция. – 2006. – № 11. – С. 54–55.

## References

1. Evdokimov I.A., Zolotoreva M.S., Volodin D.N., et al. Ratsional'nyye tekhnologii pererabotki kisloy molochnoy syvorotki [Efficient technologies for acid milk whey processing]. *Molochnaya promyshlennost'* [Dairy Industry], 2007, no. 11, pp. 45–48.
2. Sokolova Z.S. Lakomova L.I., Tinyakov V.G. *Tekhnologiya syra i produktov pererabotki syvorotki* [Cheese and whey processing products production technology]. Moscow: Agropromizdat Publ., 1992. 335 p.
3. Sun P., Hui C., Bai N., et al. Revealing the characteristics of a novel bioflocculant and its flocculation performance in *Microcystis aeruginosa* removal. *Scientific Reports*, 2015, Dec. 2, p. 5. <https://doi.org/10.1038/srep17465>.
4. Ul'rih E.V. Kontsepsiya ochistki molochnykh smyvnykh vod [Efficient technologies for acid milk whey processing]. *Molochnaya promyshlennost'* [Dairy Industry], 2011, no. 6, pp. 85–86.
5. Ul'rih E.V., Shevchenko T.V., Ustinova Yu.V., Amelenko V.P. Svoystva destruktivno modifitsirovannykh flokulyantov [Properties of destructively modified flocculants]. *Zhurnal prikladnoy khimii* [Journal of Applied Chemistry], 2010, vol. 83, no. 3, pp. 522–524.
6. Pal S., Sen G., Ghosh S., Singh R.P. High performance polymeric flocculants based on modified polysaccharides – Microwave assisted synthesis. *Carbohydrate Polymers*, 2012, vol. 87, iss. 1, pp. 336–342. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2011.07.052>.
7. Liu M., Zhang X., Zhao L. Effect of modified sludge on the particles flocculation and swelling slurry stability in the co-slurry of sludge and petroleum coke. *International Journal of Chemical Reactor Engineering*, 2017, vol. 15, iss. 3, pp. 1–10. <https://doi.org/10.1515/ijcre-2016-0120>.
8. Wang H.-Q., Zhang L.-Y., Fang X.-M., Zhang A.-N. Modified modifiers water treatment energy residual as flocculant for *Microcystis aeruginosa* removal and water purification. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 2017, vol. 14, no. 11, pp. 2543–2550. <https://doi.org/10.1007/s13762-017-1381-4>.
9. Divakaran R., Pillai V.N.S. Flocculation of algae using chitosan. *Journal Applied Phycology*, 2002, vol. 14(5), pp. 419–422. <https://doi.org/10.1023/A:1022137023257>.
10. Feofanov Yu.A., Litmanova N.L. Koagulyatsionnaya ochistka stochnykh vod predpriyatiy molochnoy promyshlennosti [Coagulation treatment of wastewater in dairy industry enterprises]. *Pererabotka moloka: tekhnologiya, oborudovaniye, produktsiya* [Milk Processing: Technology, Equipment, Products], 2006, no. 11, pp. 54–55.

## Ульрих Елена Викторовна

д-р техн. наук, профессор кафедры менеджмента и агробизнеса, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный сельскохозяйственный институт, 650056, Россия, г. Кемерово, ул. Марковцева, 5, тел.: +7 (3842) 73-40-95, e-mail: elen.ulrich@mail.ru

## Elena V. Ulrikh

Dr.Sci.(Eng.), Professor of the Department of Management and Agrobusiness, Kemerovo State Agricultural Institute, 5, Markovtseva Str., Kemerovo, 650056, Russia, phone: +7 (3842) 73-40-95, e-mail: elen.ulrich@mail.ru



<https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-2-129-135>  
УДК 620.197:664

## АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПРОТИВОКОРРОЗИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЗАЩИТУ ОБОРУДОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ ПИЩЕВОЙ ОТРАСЛИ

С. Т. Алмагамбетова 

Дата поступления в редакцию: 20.04.2018  
Дата принятия в печать: 21.05.2018

АО «Алматинский технологический университет»,  
050012, Казахстан, г. Алматы, ул. Толе би, 100

e-mail: s.almag@mail.ru



© С. Т. Алмагамбетова, 2018

**Аннотация.** В настоящее время значительной инженерно-технической проблемой является коррозия конструкционных материалов, металлического оборудования и установок. Ингибиторы – это эффективное, универсальное и экономичное средство в арсенале методов борьбы с коррозией. Обоснована актуальность проблемы выбора ингибиторов коррозии для предприятий пищевой промышленности. Целью работы является изучение воздействия ингибиторов на основе растительного сырья на повышение коррозионной стойкости оборудования пищевой отрасли в технологических агрессивных средах. Литературный обзор показал, что применение синергических ингибирующих композиций является более эффективным по сравнению с использованием ингибирующих добавок по отдельности. Определенный ингибитор является модифицированным растительным сырьем, которое имеет биоцидные и бактерицидные свойства, обеспечивает высокую эффективность противокоррозионной защиты конструкционных сталей в нейтральных и кислых средах, применяется для улучшения защитных и физико-механических свойств покрытий. Изучен эффект воздействия ингибитора-концентрата в рабочей среде на основе технологических регламентов для обоснования рекомендаций по применению данного концентрата в защите оборудования от коррозии. В результате исследования определено, что наибольшее воздействие произведено при использовании модифицированного ингибитора-концентрата. Ингибитор-концентрат на растительной основе не только не уступает промышленному ингибитору ПБ-5 по эффективности защиты от коррозии, но и имеет ряд определенных преимуществ, таких как экологическая безопасность, множественность направлений действия, а также положительное воздействие на санитарно-гигиенические условия при получении и применении ингибитора. Даны рекомендации по возможности применения данного ингибитора для защиты механизмов предприятий пищевой отрасли от коррозии.

**Ключевые слова.** Ингибиторы, коррозия металлов, коррозионная активность, пищевая промышленность

**Для цитирования:** Алмагамбетова, С. Т. Анализ методов противокоррозионного воздействия на защиту оборудования объектов пищевой отрасли / С. Т. Алмагамбетова // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 2. – С. 129–135. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-2-129-135>.

## ANALYSIS OF THE WAYS OF ANTICORROSIVE INFLUENCE ON FOOD INDUSTRY EQUIPMENT PROTECTION

S.T. Almagambetova 

Received: 20.04.2018  
Accepted: 21.05.2018

Almaty Technological University,  
100, Tole bi Str., Almaty, 050012, Kazakhstan

e-mail: s.almag@mail.ru



© S.T. Almagambetova, 2018

**Abstract.** Nowadays there is a significant engineering and technical issue which is corrosion of structural materials, metal equipment and installations. Inhibitors are one of the effective, universal and economical means of protection against corrosion. The author justifies the relevance of the problem connected with selection of corrosion inhibitors for food industry companies. The aim of the work is to study the effect of inhibitors based on plant raw materials on increasing the corrosion resistance of food industry equipment in technological corrosive media. A literature review showed that the use of synergistic inhibitory compositions is more effective than using inhibiting additives separately. A specified inhibitor is a modified plant raw material. It has biocidal and bactericidal properties that provide for high efficiency of corrosion protection of structural steels in neutral and acid media and is used to improve protective and physico-mechanical properties of coatings. The author studied the effect of concentrate inhibitor in the working environment on the basis of technological regulations to justify recommendations on the use of this concentrate in protecting equipment against corrosion. As a result of the study, the author determined that the greatest effect took place when a modified concentrate inhibitor was used. The plant-based concentrate inhibitor does not have lower corrosion protection effectiveness than the industrial inhibitor PB-5. On the contrary, it has a number of definite advantages such as environmental safety, multiple action directions as well as a positive effect on the sanitary and hygienic conditions in the process of inhibitor preparation and use. The author gives recommendations on the possibility of using this inhibitor to protect the mechanisms used in food industry against corrosion.

**Keywords.** Inhibitors, corrosion of metals, corrosion activity, food industry

**For citation:** Almagambetova S.T. Analysis of the ways of anticorrosive influence on food industry equipment protection. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2018, vol. 48, no. 2, pp. 129–135 (In Russ.). <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-2-129-135>.

### Введение

Современное развитие пищевой промышленности, разработка новых технологических процессов, протекающих в агрессивных средах, предъявляют к конструкционным материалам высокие требования. Примерно 10 % всего производимого металла безвозвратно теряется вследствие разрушающего действия коррозии. Экономические потери включают стоимость заменяемых металлических конструкций и механизмов или их частей, стоимость коррозионноустойчивых металлов и сплавов, применяемых вместо материалов, имеющих те же механические свойства, но неустойчивых к коррозии, стоимость различных видов защиты от коррозии, а также расходы, связанные с простоем оборудования во время замены части машины или аппарата, разрушаемых коррозией, с загрязнением выпускаемых изделий продуктами коррозии [1].

Коррозия оборудования, конструкционных материалов и установок становится в настоящее время значительной инженерно-технической проблемой. Решить данную проблему можно несколькими путями. Ингибиторы вводятся в коррозионно-активную среду в небольших количествах, снижают скорость коррозии и уменьшают ее опасные последствия.

Применение ингибиторов, по сравнению с другими методами защиты от коррозии, имеет ряд преимуществ, так как не требует перестройки существующей технологической схемы производства и больших капитальных вложений, а также позволяет использовать дешевые конструкционные металлы вместо специальных. Именно поэтому ингибиторы коррозии нашли широкое применение в следующих областях:

- для кислотных промывок оборудования от различного рода минеральных отложений, накипи, что позволяет значительно увеличить теплопередачу;
- в промышленном и бытовом водообеспечении;
- в пищевой промышленности во время очистки оборудования сахароваренных заводов, емкостей, предназначенных для хранения и перевозки молочных и других пищевых продуктов;
- в охлаждающих системах оборудования и транспортных средств, для защиты от атмосферной коррозии изделий машиностроения, при гидроиспытаниях [2].

В нейтральных водных средах наиболее эффективно замедляют коррозию металла пассиваторы. Пассиваторы обычно представляют собой неорганические вещества с окислительными свойствами, которые пассивируют металл и сдвигают коррозионный потенциал в положительную сторону.

Оборудование пищевой промышленности используется в условиях влияния коррозионно-

активной среды с постоянно меняющимися физическими и химическими свойствами, абразивных частиц и множества технологических факторов, таких как температура, давление, скорость движения среды, механические и гидродинамические нагрузки.

В связи с этим конструкционные материалы подвергаются коррозионно-абразивному износу, который способствует резкому снижению срока использования оборудования, вызывает огромные невозвратные потери стали и большие затраты, связанные с проведением трудозатратных ремонтных работ. Косвенные потери, связанные с нарушением технологии и потерями перерабатываемых продуктов в производстве, значительно превосходят расходы из-за потерь разрушенного металла, необходимости регулярного проведения ремонтных работ, стоимости отдельных видов пищевого оборудования [3].

Поэтому особое внимание уделяется повышению долговечности и надежности выпускаемого технологического оборудования и коммуникаций для пищевой промышленности и разработке эффективных способов противокоррозионной защиты, что особенно актуально в связи с производственной интенсификацией, а также непрерывным циклом работы пищевых предприятий.

Важным резервом усиления коррозионной стойкости стали, применяемой для производства технологического пищевого оборудования, является поиск, исследование, разработка и внедрение противокоррозионного ингибирования.

Так как аппараты, машины, механизмы и коммуникации пищевого производства после очистки и дезинфекции подвергаются влиянию коррозионно-активных технологических сред, при этом введение ингибирующих добавок в пищевые продукты исключено в связи с особыми требованиями, регламентированными государственными стандартами по изготовлению продуктов и санитарными нормами, сильное значение приобретает наличие влияния ингибиторов коррозии – сохранение защитного воздействия в течение долгого времени после обработки поверхности стали.

Проведен анализ предложенных к использованию в пищевой промышленности ингибиторов коррозии, таких как ЧМ, КС, ХОСП-10 «Unicol», КПИ-3 для снижения агрессивности дезинфицирующих и моющих средств при обработке оборудования, который показал, что большинство из них по токсикологическим показателям не в полной мере соответствуют требованиям санитарной гигиены и экологической безопасности. Разработка ингибиторов коррозии на основе сырья биологического происхождения является актуальной проблемой.

Целью работы является изучение воздействия ингибиторов на основе растительного сырья на повышение коррозионной стойкости оборудования пищевой отрасли в технологических агрессивных средах.

#### Объекты и методы исследования

Международные стандарты ISO/TR 10271:1993(E) требуют, чтобы металлические изделия, используемые во внутреннем и внешнем контакте с организмом человека, проходили проверку на уровень выхода ионов металлов в моделируемую среду. На территории Российской Федерации действует ГОСТ Р ИСО 12100-1-2007, также оборудование должно соответствовать стандарту EN 180 12100 «Безопасность машин». В табл. 1 приведены компоненты коррозионностойкой износостойкой стали.

Нержавеющие стали на сегодняшний день являются предпочтительным материалом для изготовления технологического пищевого оборудования. Самыми распространенными являются марки А181-304 и А181-316. В исследовании использована малоуглеродистая сталь марки Ст3, которая является одним из наиболее часто используемых конструкционных материалов для изготовления различного вида оборудования пищевой промышленности. Данная марка стали широко применяется в оборудовании по производству сахара и кондитерских изделий, из нее изготовлены лопасти и корпуса диффузионных аппаратов, сетки и рамки дисковых фильтров, трубопроводы подачи диффузионного сиропа и сока. Также данная марка стали используется в производстве спирта и ликероводочных изделий в виде резервуаров для хранения спирта, корпусов бродильных чанов, сортировочного и напорного чанов, трубопроводов для подачи спирта, смесителей мелассы и т.д. При этом сталь марки Ст3 является материалом с невысокой коррозионной стойкостью в ряде сред пищевого производства, поэтому зачастую требуется защита от коррозии.

При исследовании использованы растворы органических кислот, таких как лимонная, винная, уксусная, а также соляная кислота как дезинфектор, спирт этиловый, вино виноградное, сироп сахарный. Оценивалась противокоррозионная эффективность ингибиторов на основе растительного сырья: на основе рапса (РС) и на основе горчицы (ГС). Данные ингибиторы экологичны, сырьевая база достаточно доступна, имеются О-, N-, и S-содержащие соединения в составе сырья, способные к образованию комплексов с оксидами и атомами железа, что способствует созданию условий формирования пассивного состояния поверхности стали.

Испытания проводились гравиметрическим методом, использованы образцы стали Ст3 в виде пластинок размером 51,3 x 25,3 x 3,2 мм. Скорость коррозии оценивалась по следующей формуле:

$$K_T = (m_1 - m_2) / S \cdot t,$$

где  $K_T$  – скорость коррозии, г/(м<sup>2</sup>·ч);  $m_1$  – масса образца до испытания, г;  $m_2$  – масса образца после испытания, г;  $S$  – площадь поверхности образца, м<sup>2</sup>;  $t$  – длительность исследования, ч.

Температура растворов составила 293–333 °К. Температура растворов поддерживалась при помощи термостата ТГУ, погрешность составила ±0,5 °С.

#### Результаты и их обсуждение

Пластины стали марки Ст3 обработали дезинфицирующим раствором 1 н соляной кислоты с добавлением ингибиторов в оптимальной концентрации: ГС – 0,3 г/л, РС – 0,2 г/л, в пересчете на действующее вещество в определенный период времени. Дезинфицированную пластинку погрузили в коррозионно-активную рабочую среду без ингибитора, затем выдержали. Пластинку промыли водой, взвесили, затем рассчитали степень защиты от коррозии. Противокоррозионный эффект проявляется на основе наличия пленки на поверхности стали, которая образовалась при адсорбции ингибитора. Результаты исследования эффективности ингибиторов ГС и РС при температуре 293 °К в 1 н растворах кислот при экспозиции в течение 2 ч представлены в табл. 2 и на рис. 1.

Максимально возможная степень защиты проявилась после выдержки образцов стали Ст3 в ингибированном растворе дезинфектора в течение часа, так как увеличение экспозиции не оказало большого влияния на эффект воздействия.

Таблица 1 – Компоненты коррозионностойкой износостойкой стали

Table 1 – Components of corrosion and wear resistant steel

№	Компоненты	Мас. %
1	Углерод	0,03–0,1
2	Кремний	0,01–0,08
3	Марганец	14–19
4	Хром	14–17
5	Никель	0,2–1,0
6	Медь	0,8–1,2
7	Молибден	0,5–1,5
8	Азот	0,17–0,26
9	Железо и примеси	остальное

Таблица 2 – Эффект воздействия ингибиторов ГС и РС на образцы стали марки Ст3 в 1 н растворе кислот (при периоде выдержки в ингибированном растворе дезинфектора 1 ч)

Table 2 – Effect of inhibitors GS and RS on samples of steel grade St3 in 1 normal solution of acids (with exposition period in disinfectant inhibitor solution equal one hour)

Кислота	$K_T$ , г/(м <sup>2</sup> ·ч)			$Z_m$ , %	
	Без ингибитора	ГС	РС	ГС	РС
Соляная	4,121	2,039	2,241	50,5	45,6
Винная	1,823	0,794	0,887	56,4	51,3
Лимонная	1,795	0,766	0,863	57,3	51,9
Уксусная	0,744	0,257	0,295	65,3	60,2

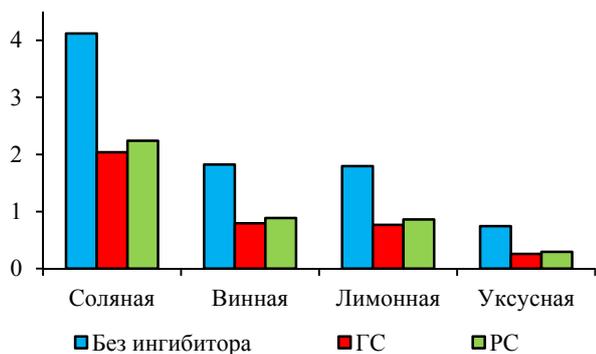


Рисунок 1 – Эффект воздействия ингибиторов ГС и РС на образцы стали марки Ст3 в 1 н растворе кислот  
Figure 1 – Effect of inhibitors GS and RS on samples of steel grade St3 in 1 n normal solution of acids

Ингибитор ГС снизил скорость коррозии стали в 2,02–2,88 раза в зависимости от используемой кислоты, ингибитор РС – в 1,84–2,51 раза. Наибольший уровень защиты стали Ст3 наблюдаем в уксусной кислоте, наименьший – в кислоте соляной.

Обработка оборудования кислотными дезинфекторами на объектах пищевой отрасли осуществляется в разные периоды и с разной интенсивностью, это зависит от вида производственных процессов, консистенции, свойств, состава используемого сырья для производства готовой продукции и характеристики конструкционного материала, из которого было изготовлено оборудование. Время дезинфекционной обработки составляет от 10 до 20 мин. Анализ результатов исследований показал, что в целях обеспечения защиты пищевого оборудования в производственных условиях, на основе технологических требований и регламентов, необходимо повысить эффективность защитного воздействия после обработки поверхности стали дезинфицирующим раствором с ингибиторами ГС и РС.

Литературный обзор показал, что использование ингибирующих добавок по отдельности оказалось менее эффективным, чем применение синергических ингибирующих композиций. Ингибитор МГ является модифицированным растительным маслом, которое имеет биоцидные и бактерицидные свойства, обеспечивает высокую эффективность противокор-

розионной защиты конструкционных сталей в нейтральных и кислых средах ( $Z = 93,0-99,8\%$ ), применяется для улучшения защитных и физико-механических свойств покрытий [3–21].

При использовании комбинированного ингибитора в пропорции 4 к 1 наблюдается более высокая эффективность защиты от коррозии по сравнению с ингибиторами ГС и МГ. Результаты показали, что проявился эффект синергизма при совместном использовании ингибиторов ГС и МГ.

Результаты исследования эффекта воздействия концентрации ингибиторов ГС и МГ на стали марки Ст3 в 1 н растворах кислот представлены в табл. 3 и на рис. 2 (время выдержки в ингибированном растворе дезинфектора составило 20 мин). При использовании концентрата ингибитора скорость коррозии стали снизилась в 3,12–5,09 раза в зависимости от вида кислоты, а при использовании ингибитора МГ – в 1,39–1,71 раза.

Обработка механизмов цеха броидильного отделения дезинфекторами, например раствором соляной кислоты, на предприятиях винодельческой и спиртовой промышленности производится в основном 1 раз в 4–5 дней. В связи с этим исследован эффект воздействия ингибитора-концентрата в рабочей среде на основе технологических регламентов для обоснования рекомендаций по применению данного концентрата в защите оборудования от коррозии.

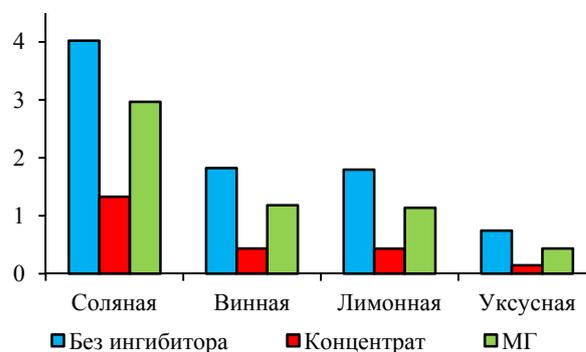


Рисунок 2 – Эффект воздействия ингибиторов концентрата и МГ на образцы стали марки Ст3 в 1 н растворах кислот

Figure 2 – Effect of concentrate inhibitors and MG on samples of steel grade St3 in 1 n normal solutions of acids

Таблица 3 – Эффект воздействия ингибиторов концентрата и МГ на образцы стали марки Ст3 в 1 н растворах кислот (период экспозиции составил 2 ч при температуре 293 °К)

Table 3 – Effect of concentrate inhibitors and MG on samples of steel grade St3 in 1 n normal solutions of acids (exposition period – 2 hours at 293 °K)

Кислота	$K_t, \text{г}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$			$Z_m, \%$	
	без ингибитора	концентрат	МГ	концентрат	МГ
Соляная	4,021	1,329	2,966	68,0	28,0
Винная	1,823	0,435	1,182	76,1	35,1
Лимонная	1,795	0,433	1,137	75,8	36,6
Уксусная	0,744	0,145	0,435	80,4	41,4

Таблица 4 – Эффект воздействия ингибитора-концентрата на образцы стали марки Ст3 в пищевой среде

Table 4 – Effect of inhibitor concentrate on samples of steel grade St3 in food medium

Среда	K <sub>г</sub> , г/(м <sup>2</sup> ·ч)		Zm, %
	ГС	концентрат	
Виноградное вино	0,135	0,045	66,7
Спирт этиловый, 40 %	0,063	0,019	69,8
Сахарный сироп, 10 %	0,022	0,005	77,3

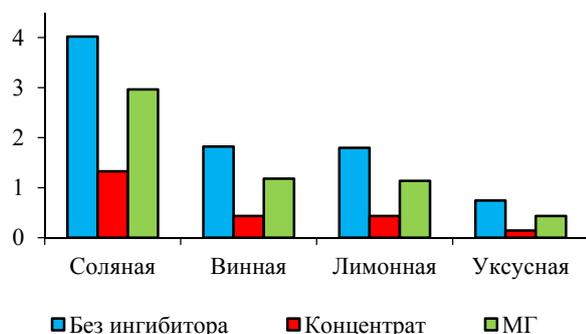


Рисунок 3 – Эффект воздействия ингибитора-концентрата на образцы стали марки Ст3 в пищевой среде

Figure 3 – Effect of inhibitor concentrate on samples of steel grade St3 in food medium

Таблица 5 – Эффект воздействия ингибиторов концентрата и ПБ-5 на образцы стали марки Ст3 в 1 н растворе соляной кислоты

Table 5 – Effect of concentrate inhibitors and PB-5 on samples of steel grade St3 in 1 normal solution of muriatic acid

Кислота	K <sub>г</sub> , г/(м <sup>2</sup> ·ч)			Zm, %	
	без ингибитора	концентрат	ПБ-5	концентрат	ПБ-5
Соляная	4,021	1,309	1,416	68,0	65,4

Результаты исследования эффекта воздействия ингибитора-концентрата на образцы стали марки Ст3 в определенных пищевых средах представлены в табл. 4 и на рис. 3 (период – 4 суток, температура – 293 °К, время нахождения в ингибированном растворе – 20 мин).

В связи с тем, что большинство процессов на предприятиях пищевой отрасли происходят при высокой температуре, были изучены противокоррозионные свойства ингибиторов в этих

условиях. При повышении температуры от 293 до 333 °К степень защиты образца стали марки Ст3 в 1 н растворе соляной кислоты уменьшается при использовании ГС в 2,62 раза, концентрата – в 1,69 раза.

При кислотной обработке паровых установок для снижения образования накипи применяют такие ингибиторы, как концентрат низкомолекулярных кислот (уксусной, муравьиной, масляной), концентрат в смеси с трилоном Б, ЧМ, КС и другие, способные снижать коррозию металла в кислоте в десятки и сотни раз. На объектах пищевой отрасли при обработке паровых установок применяется 3–5 % раствор соляной кислоты с добавлением ингибитора, который является продуктом конденсации уротропина и анилина. Были проведены сравнительные исследования эффекта воздействия ингибиторов ПБ-5 (1,5 г/л) и концентрата ГС (0,3 г/л) на образцы стали марки Ст3 в 1 н растворе соляной кислоты, результаты которых представлены в табл. 5 (период – 2 ч при температуре 293 °К, время выдержки образцов в ингибированном растворе соляной кислоты – 20 мин).

При использовании ингибиторов концентрата и ПБ-5 скорость коррозии образца стали марки Ст3 в 1 н растворе соляной кислоты уменьшается в 3,07 и 2,83 раза соответственно. Таким образом, ингибитор-концентрат на растительной основе не только не уступает промышленному ингибитору ПБ-5 по эффективности защиты от коррозии, но и имеет ряд определенных преимуществ, таких как экологическая безопасность, множественность направлений действия, а также положительное воздействие на санитарно-гигиенические условия при получении и применении ингибитора.

Таким образом, проведено изучение противокоррозионной активности ингибиторов ГС, РС и их концентрата на эффект воздействия в определенных средах пищевых производств с различной агрессивностью. Степень противокоррозионной защиты ингибитора-концентрата в пищевых средах после выдержки образцов в ингибированном растворе соляной кислоты в течение 20 мин (что соответствует технологическому регламенту), на достаточно высоком уровне, рекомендуется для защиты механизмов предприятий пищевой отрасли от коррозии путем введения в дезинфицирующий раствор.

#### Список литературы

1. Способы антикоррозионной защиты пищевого оборудования / С. Т. Алмагамбетова [и др.] // Инновационное развитие пищевой, легкой промышленности и индустрии гостеприимства : материалы международной научно-практической конференции. – Алматы, 2015. – С. 166–168.
2. Chang, S. P. Cavitation performance research of mixed-flow pump based on CFD / S. P. Chang, Y. S. Wang // Journal of Drainage and Irrigation Machinery Engineering. – 2012. – № 30 (2). – P. 171–176. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1674-8530.2012.02.010>.
3. Deng, T. Determination of a particle size distribution criterion for predicting dense phase pneumatic conveying behavior of granular and powder materials / T. Deng, M. S. A. Bradley // Powder Technology. – 2016. – Vol. 304. – P. 32–40. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2016.05.001>.
4. Breading: Improving Quality / S. P. Cauvain ed. – 2nd ed. – Cambridge : Woodhead Publishing, 2012. – 832 p.

5. Гусева, Е. А. Пути повышения надежности промышленного оборудования / Е. А. Гусева, М. В. Константинова, А. О. Гусев // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2013. – № 10. – С. 218–224.
6. Влияние продуктов переработки растительного сырья на коррозионно-электрохимическое поведение стали в пищевых производствах / О. И. Сизая [и др.] // Вопросы химии и химической технологии. – 2011. – № 4 (2). – С. 179–182.
7. Daribaev, Zh. E. Features of chemical kinetics of concrete fillers production from industrial waste / Zh. E. Daribaev, M. Sh. Suleimenova, N. G. Daribaeva // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2017. – № 8 (1). – P. 1328–1338.
8. Akhmetova, S. O. Towards food safety: quality management features / S. O. Akhmetova, D. L. Fuschi, R. Vasiliiūnaitė // Journal of Security and Sustainability Issues. – 2017. – Vol. 6, № 3. – P. 513–522. [https://doi.org/10.9770/jssi.2017.6.3\(15\)](https://doi.org/10.9770/jssi.2017.6.3(15)).
9. Towards food security through a new scientific findings / S. T. Azimova [et al.] // Journal of Security and Sustainability Issues. – 2017. – Vol. 6, № 4. – P. 719–728. [https://doi.org/10.9770/jssi.2017.6.4\(16\)](https://doi.org/10.9770/jssi.2017.6.4(16)).
10. Кириллов, В. В. Проблема коррозии технологических аппаратов пищевых производств / В. В. Кириллов, А. Я. Эглит // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Холодильная техника и кондиционирование». – 2013. – № 2. – С. 4–8.
11. Теоретические основы коррозионных процессов / С. Л. Березина [и др.]. – М. : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2014. – 72 с.
12. Richardson, J. A. Localised corrosion of stainless steels during food processing / J. A. Richardson, A. W. Godwin // British Corrosion Journal. – 1973. – Vol. 8, iss. 6. – P. 258–263. <https://doi.org/10.1179/000705973798321784>.
13. Britton, S. C. Report on meeting: corrosion problems in the food industry / S. C. Britton // British Corrosion Journal. – 1976. – Vol. 11, iss. 1. – P. 9–10. <https://doi.org/10.1179/bcj.1976.11.1.9>.
14. Handling and fabricating stainless steels for the food industry // British Corrosion Journal. – 1985. – Vol. 20, iss. 1. – P. 4. <https://doi.org/10.1179/000705985798272939>.
15. Асылбекова, Н. Т. Анализ конкурентоспособности пищевой промышленности Республики Казахстан / Н. Т. Асылбекова // Международный журнал экспериментального образования. – 2013. – № 8. – С. 145–150.
16. Афанасьева, Г. А. Эффективность новых технологий защиты материалов в пищевом машиностроении / Г. А. Афанасьева, Н. Ю. Тимофеева, Г. Ю. Тимофеева // Проблемы региональной экологии. – 2014. – № 3. – С. 162–163.
17. Фомин, Г. С. Коррозия и защита от коррозии : энциклопедия международных стандартов / Г. С. Фомин. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Протектор, 2013. – С. 95.
18. Электрохимические исследования коррозионной стойкости металлических материалов в пищевых средах / А. Ш. Чавчанидзе [и др.] // Коррозия: материалы, защита. – 2008. – № 12. – С. 10–16.
19. Коррозия и защита металлов / Ярославцева О. В. [и др.]. – Екатеринбург : Издательство Уральского университета. – 2015. – 90 с.
20. Lewan, M. Food processing equipment construction materials / M. Lewan, E. Partington // Hygiene in Food Processing: Principles and practice. – Cambridge : Woodhead Publishing, 2014. – pp. 142–154.
21. Construction materials in contact with food and global food safety regulations / H. L. M. Lelieveld [et al.] // EHEDG Yearbook 2011/2012. – Frankfurt : VDMA Verlag GmbH, 2012. – P. 69–74.

## References

1. Almagambetova S.T., Abilkasova S.O., Daumetova S.T., Kalimoldina L.M. Sposoby antikorroziionnoy zashchity pishchevogo oborudovaniya [Methods of food processing equipment corrosion protection]. *Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii “Innovatsionnoye razvitiye pishchevoy, legkoy promyshlennosti i industrii gostepriimstva”* [Proceedings of the International Scientific Conference “Innovative development of food processing, light industry and the industry of hospitality”]. Almaty, 2015, pp. 166–168.
2. Chang S.P., Wang Y.S. Cavitation performance research of mixed-flow pump based on CFD. *Journal of Drainage and Irrigation Machinery Engineering*, 2012, no. 30(2), pp. 171–176. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1674-8530.2012.02.010>.
3. Deng T., Bradley M.S.A. Determination of a particle size distribution criterion for predicting dense phase pneumatic conveying behavior of granular and powder materials. *Powder Technology*, 2016, vol. 304, pp. 32–40. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2016.05.001>.
4. Cauvain S. P. ed. *Breadmaking: Improving Quality*. 2nd ed. Cambridge: Woodhead Publishing, 2012. 832 p.
5. Guseva Ye.A., Konstantinova M.V., Gusev A.O. Puti povysheniya nadezhnosti promyshlennogo oborudovaniya [Ways to improve industrial equipment reliability]. *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Proceedings of Irkutsk State Technical University], 2013, no. 10, pp. 218–224.
6. Sizaya O.I., Savchenko O.N., Kvashuk Yu.V., Korolev A.A. Vliyaniye produktov pererabotki rastitel'nogo syr'ya na korroziionno-elektrokhimicheskoye povedeniye stali v pishchevykh proizvodstvakh [Influence of products of processing of vegetable raw material on the corrosive-electrochemical conduct of steel in food productions]. *Voprosy khimii i khimicheskoy tekhnologii* [Issues of Chemistry and Chemical Technology], 2011, no. 4(2), pp. 179–182.
7. Daribaev Zh.E., Suleimenova M.Sh., Daribaeva N.G. Features of chemical kinetics of concrete fillers production from industrial waste. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, 2017, no. 8(1), pp. 1328–1338.
8. Akhmetova S.O., Fuschi D.L., Vasiliiūnaitė R. Towards food safety: quality management features. *Journal of Security and Sustainability Issues*, 2017, vol. 6, no. 3, pp. 513–522. [https://doi.org/10.9770/jssi.2017.6.3\(15\)](https://doi.org/10.9770/jssi.2017.6.3(15)).
9. Azimova S.T., Kizatova M.Z., Akhmetova S.O., Donchenko L.V., Admayeva A.M. Towards food security through a new scientific findings. *Journal of Security and Sustainability Issues*, 2017, vol. 6, no. 4, pp. 719–728. [https://doi.org/10.9770/jssi.2017.6.4\(16\)](https://doi.org/10.9770/jssi.2017.6.4(16)).

10. Kirillov V.V., Eglit A.Ya. Problema korrozii tekhnologicheskikh apparatov pishchevykh proizvodstv [Corrosion problem of process equipment for food production]. *Nauchnyy zhurnal NIU ITMO. Seriya "Kholodil'naya tekhnika i konditsionirovaniye"* [Scientific journal NRU ITMO. Series "Refrigeration equipment and air conditioning"], 2013, no. 2, pp. 4–8.
11. Berezina S.L., Golubev A.M., Dilychanskaya N.N., Puchkov Yu.A. *Teoreticheskiye osnovy korroziyonnykh protsessov* [Theoretical basics of corrosion processes]. Moscow: MGTU im. N.E. Baumana Publ., 2014. 72 p.
12. Richardson J.A., Godwin A.W. Localised corrosion of stainless steels during food processing. *British Corrosion Journal*, 1973, vol. 8, iss. 6, pp. 258–263. <https://doi.org/10.1179/000705973798321784>.
13. Britton S.C. Report on meeting: corrosion problems in the food industry. *British Corrosion Journal*, 1976, vol. 11, iss. 1, pp. 9–10. <https://doi.org/10.1179/bcj.1976.11.1.9>.
14. Handling and fabricating stainless steels for the food industry. *British Corrosion Journal*, 1985, vol. 20, iss. 1, p. 4. <https://doi.org/10.1179/000705985798272939>.
15. Assylbekova N.T. Analiz konkurentosposobnosti pishchevoy promyshlennosti Respubliki Kazakhstan [Analysis of the competitiveness of the food industry of Kazakhstan Republic]. *Mezhdunarodnyy zhurnal eksperimental'nogo obrazovaniya* [International Journal of Experimental Education], 2013, no. 8, pp. 145–150.
16. Afanasyeva G.A., Timofeeva N.Yu., Timofeeva G.Yu. Effektivnost' novykh tekhnologiy zashchity materialov v pishchevom mashinostroyeni [The efficiency of new materials protection technologies in food engineering]. *Problemy regional'noy ekologii* [Regional Environmental Issues], 2014, no. 3, pp. 162–163.
17. Fomin G.S. *Korroziya i zashchita ot korrozii: entsiklopediya mezhdunarodnykh standartov* [Corrosion and anticorrosion protection: Encyclopedia of International Corrosion Standards]. Moscow: Protector Publ., 2013. 95 p.
18. Chavchanidze A.Sh., Rakoch A.G., Timofeeva N.Yu., Bazarkin A.Yu. Elektrokhimicheskiye issledovaniya korroziyonnoy stoykosti metallicheskikh materialov v pishchevykh sredakh [Electrochemical studies of metallic material corrosion resistance in foods]. *Korroziya: materialy, zashchita* [Corrosion: materials, protection], 2008, no. 12, pp. 10–16.
19. Yaroslavtseva O.V., Ostanina T.N., Rudoy V.M., Murashova I.B. *Korroziya i zashchita metallov* [Corrosion and protection of metals]. Ekaterinburg: Izdatel'stvo Ural'skogo universiteta Publ., 2015. 90 p.
20. Lewan M., Partington E. Food processing equipment construction materials. In: *Lelieveld H.L.M., Holah J.T., Napper D. (eds) Hygiene in Food Processing: Principles and practice*. Cambridge: Woodhead Publishing, 2014, pp. 142–154.
21. Lelieveld H.L.M., Akesson S., Heide O., Steenaard P., Bricher J.L. Construction materials in contact with food and global food safety regulations. In: *EHDG Yearbook 2011/2012*. Frankfurt: VDMA Verlag GmbH, 2012, pp. 69–74.

**Алмагамбетова Сауле Тулегеновна**

канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры химии, химической технологии и экологии, АО «Алматинский технологический университет», 050012, Казахстан, г. Алматы, ул. Толе би, 100, тел.: +7 (777) 23-77-500, e-mail: s.almag@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-4779-8243>

**Saule T. Almagambetova**

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Chemistry, Chemical Technology and Ecology, Almaty Technological University, 100, Tole bi Str., Almaty, 050012, Kazakhstan, phone: +7 (777) 23-77-500, e-mail: s.almag@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-4779-8243>



## ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПАРОКОНВЕКТОМАТА ДЛЯ ВЫРАБОТКИ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Ю. В. Маркова<sup>id</sup>, А. С. Марков\*<sup>id</sup>, А. С. Романов<sup>id</sup>

Дата поступления в редакцию: 12.03.2018

Дата принятия в печать: 21.05.2018

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

\*e-mail: [asm041@yandex.ru](mailto:asm041@yandex.ru)



© Ю. В. Маркова, А. С. Марков, А. С. Романов, 2018

**Аннотация.** В статье представлены результаты исследований особенностей расстойки и выпечки хлебобулочных изделий с использованием пароконвектомата для непрерывного процесса расстойки и выпечки. Целью работы была разработка рекомендаций для установления параметров приготовления хлебобулочных изделий в пароконвектомате при непрерывном процессе расстойки тестовых заготовок и выпечки. Для контрольной выпечки использовали боксовый шкаф для окончательной расстойки и конвекционную печь. Анализ структурно-механических свойств мякиша на приборе «Структурометр-1» и величину упека проводили общепринятыми методами. Интенсивность и равномерность окраски корки определяли оригинальным методом с использованием планшетного сканера. Автоматическим регистратором фиксировали температуру в пекарной камере и внутри выпекаемой тестовой заготовки. Для определения изменения объема изделия и доли сформированного мякиша в процессе выпечки использовали оригинальный оптический метод. В результате проведения исследований установлена зависимость динамики показателей качества выпекаемых тестовых заготовок от параметров расстойки и выпечки. Показано, что основные отличия наблюдаются в первом периоде выпечки. Обнаруженные закономерности связаны с плавным прогревом пекарной камеры пароконвектомата и высокой относительной влажностью среды в начале выпечки. При использовании пароконвектомата окраска корок отличалась неравномерностью, что, очевидно, связано с конденсацией большого количества влаги на поверхности в начальный период выпечки и, как следствие, разной скоростью прогрева отдельных участков корки. К моменту завершения выпечки по структурно-механическим и физико-химическим показателям опытные и контрольные изделия отличались незначительно. При непрерывном процессе расстойки и выпечки в пароконвектомате установлена необходимость увеличения продолжительности выпечки и повышения влажности теста по сравнению с традиционным способом приготовления.

**Ключевые слова.** Хлеб, хлебопечение, пароконвектомат

**Для цитирования:** Маркова, Ю. В. Особенности использования пароконвектомата для выработки хлебобулочных изделий / Ю. В. Маркова, А. С. Марков, А. С. Романов // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 2. С. 136–142. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-2-136-142>.

## PECULIARITIES OF USING STEAM-CONVECTION OVEN FOR PRODUCTION OF BAKERY PRODUCTS

Yu.V. Markova<sup>id</sup>, A.S. Markov\*<sup>id</sup>, A.S. Romanov<sup>id</sup>

Received: 12.03.2018,

Accepted: 21.05.2018

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

\*e-mail: [asm041@yandex.ru](mailto:asm041@yandex.ru)



© Yu.V. Markova, A.S. Markov, A.S. Romanov, 2018

**Abstract.** The article presents the results of research on the peculiarities of proofing and baking bakery products using a steam-convection oven for continuous proofing and baking. The aim of the work was to develop recommendations for setting parameters for production of bakery products in the steam-convection oven at continuous proofing of dough pieces and bakery products. For control samples baking the author used a proofing box for final proofing and a convection oven. The analysis of the structural and mechanical properties of crumb was made using device “Strukturometer-1”, and loss of weight after baking was measured using standard methods. Intensity and color uniformity of crust were determined applying an ingenious method using flatbed scanner. Automatic recorder monitored the temperature in the baking chamber and inside the baked dough pieces. To determine the changes in product volume and proportion of the formed crumb during baking process, an original optical method was used. As a result of the research the author determined that there is a dependence of the dynamics of baked dough pieces quality indicators on proofing and baking parameters. It is shown that the main differences are observed during the first baking period. The detected regularities are associated with smooth heating of the steam-convection oven baking chamber and high relative humidity of the medium at the beginning of baking process. When using a steam-convection oven, the crusts had uneven color which is obviously due to condensation of a large amount of moisture on the surface during the initial baking period and, consequently, different rates of heating of individual parts of the crust. By the moment when baking process was over control samples and developed samples had insufficient differences concerning structural, mechanical and physicochemical parameters. It was determined that in case of continuous proofing and baking in steam-convection oven it is necessary to extend the baking process and increase dough humidity compared to traditional baking method.

**Keywords.** Bread, bread making, steam-convection oven

**For citation:** Markova Yu.V., Markov A.S., Romanov A.S. Peculiarities of using steam-convection oven for production of bakery products. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2018, vol. 48, no. 2, pp. 136–142 (In Russ.). <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-2-136-142>.

### Введение

Современные технологии позволяют осуществлять процесс выпечки хлебобулочных изделий в местах непосредственной реализации продукции. Несмотря на то, что подавляющая доля выпуска хлебобулочной продукции осуществляется специализированными предприятиями, конечный потребитель часто сталкивается с этой продукцией, произведенной в универсальных условиях предприятий общественного питания. В объеме продаж таких предприятий хлебобулочные изделия занимают незначительную долю и служат главным образом для поддержания определенного статуса. На данных предприятиях наиболее востребовано универсальное оборудование в связи с широким ассортиментом продукции. Одним из примеров является универсальное тепловое оборудование – пароконвектомат, который занял прочное место на кухнях многих ресторанов и кафе. Это оборудование, играя роль привычной конвекционной печи за счет наличия парогенератора, может также выполнять функции камеры для расстойки, которая в большинстве случаев отсутствует на кухне как отдельная единица. Таким образом, наличие только тестомесильной машины и пароконвектомата позволяет создать необходимые условия для выработки хлебобулочных изделий. Однако использование такого теплового оборудования требует корректировки технологии [1, 2]. Несмотря на достаточно подробное рассмотрение и моделирование традиционных способов выпечки хлебобулочных изделий, в том числе в промышленных печах [3–6], не затрагивается изучение особенностей выпечки в пароконвектомате при реализации непрерывного с расстойкой процесса.

Целью работы являлась разработка рекомендаций для установления параметров непрерывного процесса расстойки тестовых заготовок и выпечки хлебобулочных изделий в пароконвектомате.

### Объекты и методы исследований

В работе объектами исследования являлись образцы хлебобулочных изделий из пшеничной муки массой 100 г, при выработке которых использовалась различная реализация процесса окончательной расстойки и выпечки. Приготовление теста осуществляли безопарным способом. Выброженное тесто делили на заготовки массой 110 г, формовали вручную, придавали шарообразную форму и подавали на расстойку. Расстойку и выпечку контрольных проб изделий осуществляли в шкафу для расстойки Abat и конвекционной печи Ufox XF035-TG соответственно. Для выработки опытных проб использовали пароконвектомат Abat ПК Ф6-1/3П. При этом окончательную расстойку тестовых заготовок проводили непосредственно в пароконвектомате в режиме низкотемпературного

пара. После окончания расстойки, не вынимая тестовые заготовки из рабочей камеры, переводили пароконвектомат в режим конвекции и осуществляли выпечку. В процессе выпечки непрерывно регистрировали температуру в пекарной камере и в центре выпекаемой тестовой заготовки (далее – ВТЗ). Выпечку проводили до готовности при температуре 190 °С без дополнительного увлажнения пекарной камеры. Момент окончания выпечки устанавливали по температуре в центре ВТЗ, внешнему виду изделий и структурно-механическим свойствам мякиша [7, 8]. Продолжительность выпечки в конвекционной печи составила 18 мин, в пароконвектомате – 20 мин.

В процессе выпечки через заданные промежутки времени из пекарной камеры извлекали ВТЗ для определения органолептических, физико-химических и структурно-механических свойств ВТЗ. Определение общей и пластической деформации мякиша проводили на приборе «Структурометр С-1». Для оценки изменения интенсивности окраски корки была разработана методика с применением планшетного сканера и графической обработки полученных изображений. Изменения интенсивности окраски вычисляли как долю от интенсивности окраски полностью выпеченного образца и выражали в процентах. Вычисление объема ВТЗ проводили по оригинальной методике, основанной на математической обработке фотографий изделий [10]. Для фиксирования внутреннего состояния ВТЗ проводили их быстрое замораживание. На фотографиях разрезов замороженных частично выпеченных заготовок выделяли границу между тестом и образовавшимся мякишем и использовали ее для вычисления объема теста по упомянутой методике. Долю мякиша определяли по разности между рассчитанным объемом ВТЗ и объемом теста.

### Результаты и их обсуждение

Изменение свойств тестовой заготовки при выпечке и превращение ее в хлеб происходит под воздействием тепла, передаваемого от теплоносителя. В применяемых печах (конвектоматах) основное количество тепла передается ВТЗ путем конвекции. Воздух, нагретый с помощью ТЭНов до заданной температуры, нагнетается в пекарную камеру, отдает тепло поверхности ВТЗ и вновь поступает в калорифер. Прогрев ВТЗ происходит постепенно, от внешних слоев к внутренним. При достижении температуры 100 °С влага превращается в пар. Перемещение влаги из зоны испарения происходит в двух направлениях: к поверхности и во внутренние слои. По мере прогрева внешних слоев и испарения влаги на поверхности ВТЗ образуется сначала обезвоженный слой, а затем корка. Прогрев внутренних слоев приводит к денатурации белков, клейстеризации крахмала и образованию мякиша. Считается, что полное превращение теста в мякиш

происходит при достижении температуры в центре ВТЗ 96–98 °С.

Небольшой объем пекарной камеры и принудительное движение нагретого воздуха обеспечивает быстрое достижение заданной температуры и ее стабильное значение на всем протяжении выпечки.

В ходе эксперимента контролировали температуру в пекарной камере и в центре ВТЗ. Выпечку проводили параллельно в конвекционной печи и пароконвектомате. Расстоявшиеся тестовые заготовки помещали в рабочую камеру конвекционной печи, прогретую до температуры 190 °С. Прогрев рабочей камеры пароконвектомата проводили с находящимися в ней расстоявшимися тестовыми заготовками путем переключения с режима низкотемпературного пара на режим конвекции с установлением температуры 190 °С.

Из приведенных на рис. 1 данных видно, что особенности изменения температуры пекарной камеры оказывали влияние на прогрев ВТЗ. Прогрев камеры пароконвектомата происходил с постоянной скоростью около 38 °С/мин. На увеличение температуры с 35 до 190 °С в камере пароконвектомата потребовалось 4 мин. Дальнейшая выпечка в обоих аппаратах происходила при колебаниях температуры в пределах 180–190 °С. Очевидно, что увеличение общей продолжительности выпечки в пароконвектомате на 2 мин, по сравнению с выпечкой в печи, вызвано относительно низкой температурой в период перехода от режима расстойки к режиму выпечки.

Необходимость нагрева пекарной камеры пароконвектомата в начальный период выпечки приводила к тому, что температура в центре исследуемых проб ВТЗ увеличивалась неодинаково. В пароконвектомате прогрев ВТЗ в первые 6–7 мин с начала выпечки происходил медленнее, чем в конвекционной печи. В последующие 7–10 мин выпечки скорость повышения температуры ВТЗ в пароконвектомате резко возрастала, а в конвекционной печи замедлялась. При этом достижение максимальной температуры 98 °С в центре ВТЗ в обоих аппаратах происходило за одно и то же время – 10 мин. Вероятно, быстрый прогрев ВТЗ в пароконвектомате связан с выделением дополнительного количества теплоты при интенсивной конденсации пара на ее поверхности.

О состоянии внутренней структуры ВТЗ судили по доле образующегося мякиша. Долю мякиша определяли расчетным путем на основании обработки графических изображений разрезов ВТЗ. На рис. 2 видна четкая граница между тестом и образовавшимся мякишем.

Установлено, что условия выпечки оказывали влияние на процесс образования мякиша. Доля мякиша в процессе выпечки планомерно возрастала по мере прогрева ВТЗ. Однако в первые минуты выпечки мякиш формировался существенно быстрее в конвекционной печи (рис. 3).

Так на 2-й минуте выпечки в печи доля мякиша составила 57 %, в пароконвектомате – 20 %. При этом полный переход теста в состояние мякиша

при разных способах выпечки происходил с разницей в 2 мин.

Особенности формирования мякиша, вероятно, влияли и на его структурно-механические свойства. Определение общей и пластической деформации мякиша проводили в образцах с полностью образованным мякишем.

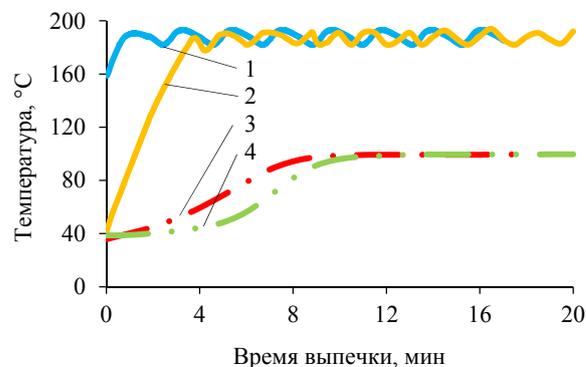


Рисунок 1 – Изменение температуры в процессе выпечки: 1 – в камере конвекционной печи; 2 – в камере пароконвектомата (после включения режима выпечки); 3 – в центре ВТЗ в конвекционной печи; 4 – в центре ВТЗ в пароконвектомате

Figure 1 – Temperature changes during baking: 1 – in the chamber of convection oven; 2 – in the chamber of steam-convection oven (after switching on baking mode); 3 – in the center of the baked dough piece in the convection oven; 4 – in the center of the baked dough piece in the steam-convection oven

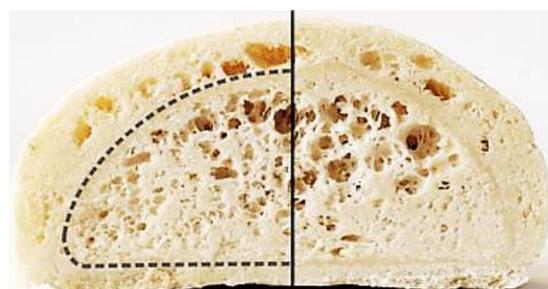


Рисунок 2 – Внутренняя структура ВТЗ с контуром границы тесто – мякиш

Figure 2 – Baked dough piece inner structure with boundary between dough and crumb

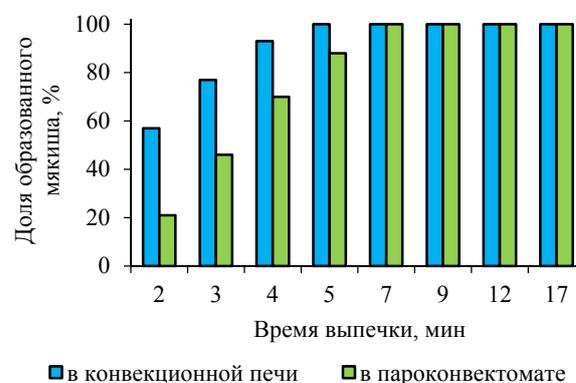


Рисунок 3 – Изменение доли мякиша ВТЗ в процессе выпечки

Figure 3 – Changes in crumb amount in baked dough piece during baking

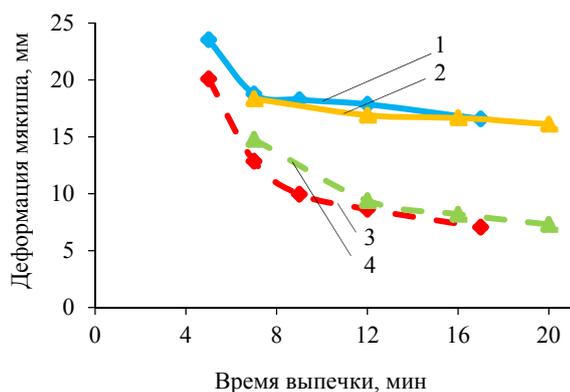


Рисунок 4 – Изменение общей деформации мякиша ВТЗ в процессе выпечки: 1 – в конвекционной печи (общая деформация); 2 – в конвекционной печи (пластическая деформация); 3 – в пароконвектомате (общая деформация); 4 – в пароконвектомате (пластическая деформация)

Figure 4 – Changes in crumb general deformation in baked dough piece during baking: 1 – in convection oven (general deformation); 2 – in convection oven (plastic deformation); 3 – in steam-convection oven (general deformation); 4 – in steam-convection oven (plastic deformation)

При разных условиях выпечки общая деформация всех образцов практически не отличалась и составляла 18,0 мм на 7-й минуте выпечки, уменьшаясь к концу выпечки до 16,1–16,5 мм. Изменение пластической деформации имело аналогичную зависимость, однако наблюдалось более значительное изменение к концу выпечки, так на 7-й минуте она составила 12,8–14,8, в конце выпечки – 7,1–7,3. Установлено, что динамика формирования структурно-механических свойств мякиша практически не зависела от способа выпечки изделий и в целом соответствовала известным закономерностям [7].

Интенсивность окраски корки (рис. 5) в процессе выпечки увеличивалась. Однако характер изменений окраски корки ВТЗ зависел от способа выпечки. Наиболее существенные различия наблюдали в начале выпечки. Так, при выпечке в пароконвектомате в первые 4 мин не наблюдали заметного изменения окраски поверхности ВТЗ. Интенсивность окраски корки ВТЗ активно увеличивается только после 5-й минуты выпечки в пароконвектомате. При общепринятом способе выпечки окраска равномерно формируется, начиная с 3-й минуты выпечки. Такое изменение окраски, очевидно, связано с различной скоростью прогрева поверхности ВТЗ и соответствует известным закономерностям [5].

Следует отметить, что при использовании пароконвектомата окраска корок отличалась неравномерностью (рис. 6).

Для оценки равномерности окраски применяли коэффициент неоднородности, который определяли как отношение дисперсии значений интенсивности окраски 15 различных участков поверхности к максимальному значению диапазона измерения показателя. Таким образом, значение коэффициента,

равное нулю, соответствует абсолютно однородной окраске поверхности; при максимально возможном значении 1 интенсивность окраски различных участков изменяется во всем диапазоне возможных значений.

Коэффициент неоднородности окраски корки изделия, выпеченного при помощи конвекционной печи, составил 0,07, при использовании пароконвектомата – 0,18.

Очевидно, неравномерность окраски корки связана с конденсацией большого количества влаги на поверхности в начальный период выпечки и, как следствие, с разной скоростью прогрева отдельных участков верхней корки.

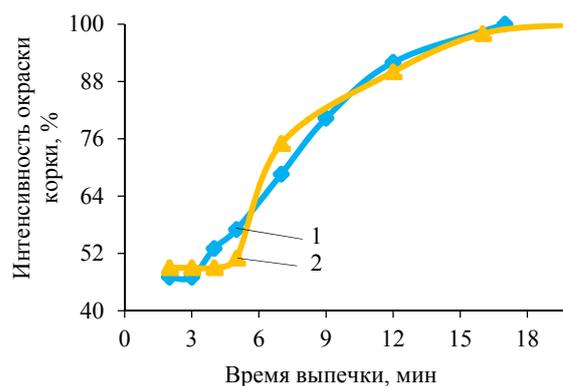


Рисунок 5 – Относительное изменение интенсивности окраски корки ВТЗ в процессе выпечки: 1 – в конвекционной печи; 2 – в пароконвектомате

Figure 5 – Relative changes in crust color intensity of baked dough piece during baking: 1 – in convection oven; 2 – in steam-convection oven



Рисунок 6 – Состояние верхней корки изделий при различном способе выпечки: 1 – в конвекционной печи; 2 – в пароконвектомате

Figure 6 – Condition of upper crust of the baked products at different baking modes: 1 – in convection oven; 2 – in steam-convection oven

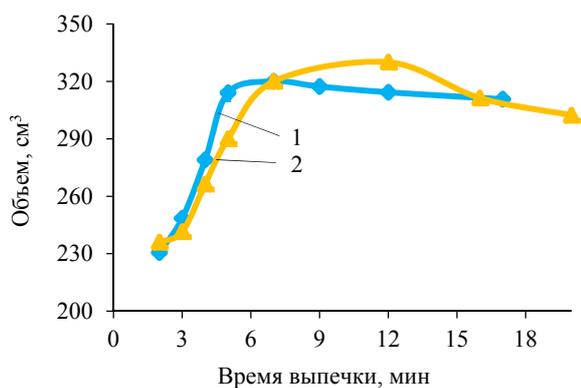


Рисунок 7 – Изменение объема ВТЗ в процессе выпечки:  
1 – в конвекционной печи; 2 – в пароконвектомате

Figure 7 – Changes in baked dough piece volume during baking:  
1 – in convection oven; 2 – in steam-convection oven

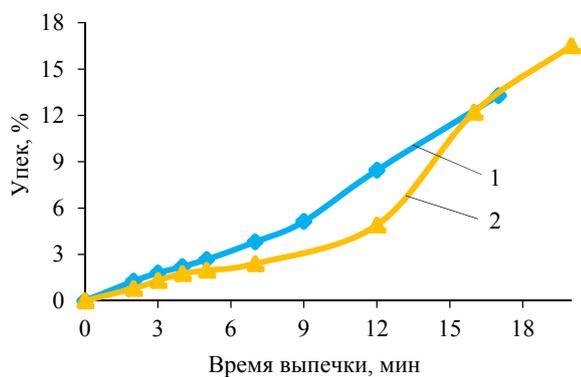


Рисунок 8 – Изменение упека ВТЗ в процессе выпечки:  
1 – в конвекционной печи; 2 – в пароконвектомате

Figure 8 – Changes in baked dough piece weight loss during baking:  
1 – in convection oven; 2 – in steam-convection oven

Увеличение объема ВТЗ (рис. 7) в первый период выпечки в целом соответствовал известным закономерностям [8, 9].

По мере прогрева пекарной камеры пароконвектомата объем ВТЗ равномерно увеличивался с 3-й по 12-ю мин. При выпечке в конвекционной печи увеличение объема происходило с большей скоростью и остановилось на 6-й минуте выпечки. Более длительное увеличение объема ВТЗ в пароконвектомате, очевидно, также объясняется высокой влажностью среды в начале выпечки. Известно, что в увлажненной пекарной камере поверхность ВТЗ дольше остается эластичной, что способствует увеличению ее объема. Можно отметить, что

интенсивное увеличение объема ВТЗ заканчивается одновременно с формированием мякиша (рис. 3).

Изменение величины упека (рис. 8) также объясняется известными закономерностями [8, 9]. Увеличение упека, обусловленное в основном испарением влаги, в печи происходило равномерно. Конечное значение упека при этом достигало 13 %. В пароконвектомате первые 12 мин выпечки упек изменялся незначительно, что связано, вероятно, с указанным увлажнением поверхности ВТЗ. При дальнейшей выпечке происходило резкое увеличение потери массы ВТЗ. К концу выпечки в пароконвектомате упек составил 16 %, что на 3 % выше, чем в контрольных образцах.

В результате проведения исследований установлено, что способ выпечки влияет на изменение свойств ВТЗ. Обнаруженные изменения обусловлены в основном различиями в процессе прогрева ВТЗ в начальный период выпечки.

К моменту завершения выпечки по структурно-механическим и физико-химическим показателям изделия отличаются незначительно. При этом плавный прогрев среды пекарной камеры при непрерывном процессе расстойки и выпечки с использованием пароконвектомата способствует лучшему сохранению формы изделий и, по всей видимости, уменьшит вероятность образования подрывов, т. к. при этом скорость увеличения объема в первой стадии выпечки не столь высока при сохранении высокой влажности в пекарной камере.

Таким образом, при разработке технологических инструкций или технологических карт для производства конкретных наименований хлебобулочных изделий при непрерывном процессе окончательной расстойки и выпечки следует предусматривать увеличение продолжительности выпечки на величину 50–100 % от времени прогрева пекарной камеры до заданной температуры выпечки. Также при расчете влажности теста необходимо учитывать некоторое увеличение упека в сравнении с традиционным способом выпечки.

Параметры непрерывного процесса окончательной расстойки и последующей выпечки, разработанные на основании полученных данных, обеспечивают возможность использования пароконвектомата для выработки хлебобулочных изделий в условиях неспециализированных производств.

#### Список литературы

1. Влияние режимов и параметров выпечки в пароконвектомате на качество сдобных булочных изделий / Н. И. Давыденко [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2017. – Т. 44, № 1. – С. 11–16.
2. Кирик, И. М. Экспериментальное исследование процесса тепловой обработки тестовых заготовок в пароконвектомате / И. М. Кирик, А. В. Кирик // Труды Таврического государственного агротехнологического университета. – 2012. – Т. 12, № 2. – С. 185–202.
3. Papasidero, D. Bread baking modeling: Coupling heat transfer and weight loss by the introduction of an explicit vaporization term / D. Papasidero, F. Manenti, S. Pierucci // Journal of Food Engineering. – 2015. – Vol. 147. – P. 79–88. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2014.09.031>.

4. Experiment and multiphysic simulation of dough baking by convection, infrared radiation and direct conduction / V. Nicolas [et al.] // *International Journal of Thermal Sciences*. – 2017. – Vol. 115. – P. 65–78. <https://doi.org/10.1016/j.ijthermalsci.2017.01.018>.
5. Purlis, E. Modelling the browning of bread during baking / E. Purlis, V. O. Salvadori // *Food Research International*. – 2009. – Vol. 42, iss. 7. – P. 865–870. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.03.007>.
6. Purlis, E. Optimal design of bread baking: Numerical investigation on combined convective and infrared heating / E. Purlis // *Journal of Food Engineering*. – 2014. – Vol. 137. – P. 39–50. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2014.03.033>.
7. Романов, А. С. Объективные признаки завершения процесса пропекания мякиша хлебобулочных изделий / А. С. Романов, Н. С. Мартыненко, В. Ю. Богер // *Хлебопродукты*. – 2011. – № 8. – С. 52–54.
8. Хлеб и хлебобулочные изделия. Сырье, технологии, ассортимент / А. С. Романов [и др.]. – М. : ДеЛи плюс, 2016. – 635 с.
9. Пономарева, Е. И. Выбор рациональной влажности теста для хлебобулочного изделия на патоке / Е. И. Пономарева, Г. О. Магомедов, Е. В. Зубкова // *Инновационные решения при производстве продуктов питания из растительного сырья : сборник научных статей и докладов II Международной научно-практической конференции*. – Воронеж, 2016. – С. 220–223.
10. Маркова, Ю. В. Разработка оптического метода определения объема хлебобулочных изделий / Ю. В. Маркова, А. С. Марков, А. С. Романов // *Новое в технологии и технике функциональных продуктов питания на основе медико-биологических воззрений : материалы VI Международной научно-технической конференции*. – Воронеж, 2017. – С. 1024–1025.

### References

1. Davydenko N.I., Urzhumova A.I., Sheveleva G.I., Grigor'eva R.Z. Vliyanie rezhimov i parametrov vypechki v parokonvektomate na kachestvo sдобnykh bulochnykh izdeliy [Effect of baking modes and options in a steam-convection oven on quality of buns]. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv* [Food Processing: Techniques and Technology], 2017, vol. 44, no. 1, pp. 11–16.
2. Kirik I.M., Kirik A.V. Eksperimental'noye issledovaniye protsesssa teplovoy obrabotki testovykh zagotovok v parokonvektomate [Experimental research on baked dough pieces thermal treatment in steam-convection oven]. *Trudy Tavricheskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta* [Proceedings of Tavria State Agrotechnological University], 2012, no. 2, pp. 185–202.
3. Papasidero D., Manenti F., Pierucci S. Bread baking modeling: Coupling heat transfer and weight loss by the introduction of an explicit vaporization term. *Journal of Food Engineering*, 2015, vol. 147, pp. 79–88. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2014.09.031>.
4. Nicolas V., Glouannec P., Ploteau J.-P., Salagnac P., Jury V. Experiment and multiphysic simulation of dough baking by convection, infrared radiation and direct conduction. *International Journal of Thermal Sciences*, 2017, vol. 115, pp. 65–78. <https://doi.org/10.1016/j.ijthermalsci.2017.01.018>.
5. Purlis E., Salvadori V.O. Modelling the browning of bread during baking. *Food Research International*, 2009, vol. 42, iss. 7, pp. 865–870. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.03.007>.
6. Purlis E. Optimal design of bread baking: Numerical investigation on combined convective and infrared heating. *Journal of Food Engineering*, 2014, vol. 137, pp. 39–50. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2014.03.033>.
7. Romanov A.S., Martynenko N.S., Boger V.Yu. Ob"yektivnyye priznaki zaversheniya protsesssa propekaniya myakisha khlebobulochnykh izdeliy [Objective signs of baked goods crumb baking process completion]. *Khleboprodukty* [Bread Products], 2011, no. 8, pp. 52–54.
8. Romanov A.S., Il'ina O.A., Kraus S.V., Iunikhina V.S. *Khleb i khlebobulochnyye izdeliya. Syr'ye, tekhnologii, assortiment* [Bread and bakery products. Raw materials, technologies, product range]. Moscow: DeLi plus Publ., 2016. 635 p.
9. Ponomareva E.I., Magomedov G.O., Zubkova E.V. Vybora ratsional'noy vlazhnosti testa dlya khlebobulochnogo izdeliya na patoke [Choice of dough rational humidity for bakery products with molasses]. *Sbornik nauchnykh statey i dokladov II Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii "Innovatsionnyye resheniya pri proizvodstve produktov pitaniya iz rastitel'nogo syr'ya"* [Collection of scientific articles and reports. II International applied research conference "Innovative solutions at food production using plant raw materials"]. Voronezh, 2016, pp. 220–223.
10. Markova Yu.V., Markov A.S., Romanov A.S. Razrabotka opticheskogo metoda opredeleniya ob'yema khlebobulochnykh izdeliy [Development of optical method for bakery products volume determination]. *Materialy VI Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii "Novoye v tekhnologii i tekhnike funktsional'nykh produktov pitaniya na osnove mediko-biologicheskikh vozzreniy"* [Proceedings of the VI International science and technology conference "Innovations in technology and techniques of functional food production based on medical and biological considerations"]. Voronezh, 2017, pp. 1024–1025.

#### Маркова Юлия Васильевна

аспирант, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: 8-951-574-8240, e-mail: yulia.lazbekina@mail.ru  
 <https://orcid.org/0000-0002-8961-5460>

#### Yuliya V. Markova

Graduate Student, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: 8-951-574-8240, e-mail: yulia.lazbekina@mail.ru  
 <https://orcid.org/0000-0002-8961-5460>

**Марков Александр Сергеевич**

канд. техн. наук, доцент кафедры технологии хлеба, кондитерских и макаронных изделий, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: 8-913-298-6914, e-mail: asm041@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-3648-7557>

**Романов Александр Сергеевич**

д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой технологии хлеба, кондитерских и макаронных изделий, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: 8-903-907-88-36, e-mail: romanas@list.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-3881-0255>

**Aleksandr S. Markov**

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Department of Technology of Bread, Pastry and Pasta Technology, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: 8-913-298-6914, e-mail: asm041@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-3648-7557>

**Aleksandr S. Romanov**

Dr.Sci.(Eng.), Professor, Head of the Department of Technology of Bread, Pastry and Pasta Technology, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: 8-903-907-8836, e-mail: romanas@list.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-3881-0255>



<https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-2-143-150>  
УДК 613.292

## НАТУРНЫЕ ИСПЫТАНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНОЙ ДОБАВКИ «ИВЛАКСИН» У БОЛЬНЫХ С ОСТРЫМИ ВОСПАЛИТЕЛЬНЫМИ ЗАБОЛЕВАНИЯМИ

Е. Ю. Лобач<sup>1</sup>, \*, А. А. Вековцев<sup>2</sup>, Д. Б. Никитюк<sup>3</sup>, В. М. Позняковский<sup>4</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»,  
650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6

<sup>2</sup>Научно-производственное объединение «АртЛайф»,  
634034, Россия, г. Томск, ул. Нахимова, 8/2

<sup>3</sup>ФГБУН «Федеральный исследовательский центр  
питания и биотехнологии»,  
109240, Россия, г. Москва, Устьинский проезд, 2/14

<sup>4</sup>ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный  
сельскохозяйственный институт»,  
650056, Россия, г. Кемерово, ул. Марковцева, 5

Дата поступления в редакцию: 03.05.2018  
Дата принятия в печать: 22.06.2018

\*e-mail: Lobach\_evgenia@mail.ru



© Е. Ю. Лобач, А. А. Вековцев, Д. Б. Никитюк, В. М. Позняковский, 2018

**Аннотация.** Клинические испытания выполнены в репрезентативной группе больных с очаговой левосторонней пневмонией (5 мужчин и 7 женщин в возрасте от 18 до 41 года). Специализированный продукт включали в рацион пациентов в условиях стационара: в первый прием – 2 таблетки, далее по 1 таблетке 4 раза в день. Курс лечения – 21 день. БАД назначали совместно с основной терапией по общепринятым стандартам лечения. В группу контроля входили 15 пациентов, рандомизированных по полу и возрасту, получавших только фармакологические препараты. Измерялась температура тела, исследовался общий анализ крови, определялся уровень С-реактивного белка и серомукоидов, проводились R-графия легких, ЭКГ до и после лечения, анализ клинических симптомов (кашель, характер мокроты, одышка). Научно обоснован рецептурный состав специализированного продукта исходя из фармакологической характеристики используемых ингредиентов и их действующих начал. Включение БАД дополнительно к рекомендуемой терапии обеспечивало положительный эффект в отношении воспалительного процесса: легче откашливалась мокрота, уменьшился кашель, снизилась выраженность одышки. Достоверно уменьшились симптомы обострений заболеваний, что отражалось в уменьшении выраженности и длительности лихорадки. В случае ОРВИ БАД проявил жаропонижающую активность за счет антиэкссудативного действия рецептурных ингредиентов. Установлен противовоспалительный эффект и снижение симптомов острой интоксикации на основании показателей общего анализа крови. У пациентов, принимавших специализированный продукт, отмечалось уменьшение содержания воспалительного маркера – серомукоидов, восстанавливались ткани легкого. Испытуемый продукт обладает противовоспалительными, жаропонижающими и болеутоляющими свойствами и может быть использован в комплексном лечении острых воспалительных заболеваний и обострений хронических воспалительных процессов.

**Ключевые слова.** Натурные испытания, биологически активная добавка, растительные компоненты

**Для цитирования:** Натурные испытания биологически активной добавки «Ивлаксин» у больных с острыми воспалительными заболеваниями / Е. Ю. Лобач [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 2. – С. 143–150. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-2-143-150>.

## FULL-SCALE TESTING OF BIOLOGICALLY ACTIVE ADDITIVE “IVLAXIN” IN PATIENTS WITH ACUTE INFLAMMATORY DISEASES

E.Yu. Lobach<sup>1</sup>, \*, A.A. Vekovtsev<sup>2</sup>, D.B. Nikityuk<sup>3</sup>, V.M. Poznyakovskiy<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Kemerovo State University,  
6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia

<sup>2</sup>Research and manufacturing association «ArtLife»,  
8/2, Nakhimova Str., Tomsk, 634034, Russia

<sup>3</sup>Federal Research Center of Nutrition and Biotechnology,  
2/14, Ust'inskiy proyezd, Moscow,  
109240, Russia

Received: 03.05.2018

Accepted: 22.06.2018

<sup>4</sup>Kemerovo State Agricultural Institute,  
5, Markoutseva Str., Kemerovo, 650056, Russia

\*e-mail: Lobach\_evgenia@mail.ru



© E.Yu. Lobach, A.A. Vekovtsev, D.B. Nikityuk, V.M. Poznyakovskiy, 2018

**Abstract.** Clinical tests were carried out in the representative group of patients with focal left-sided pneumonia (5 men and 7 women aged 18–41). Special-use product was included in in-patient department patients' diet: 2 tablets in the first intake, then 1 tablet 4 times a day. Course of treatment was 21 days. Biologically active dietary supplement was prescribed together with general therapeutic treatment according to generally accepted standards of care. Control group included 15 patients randomized depending on sex and age who took only medicine. The author measured body temperature, studied the results of general blood tests, determined the level of C-reactive protein and seromucoids, performed R-graphy of lungs, electrocardiogram before and after treatment, analyzed clinical symptoms (cough, type of expectoration, shortness of breath). Composition of the special-use product was scientifically justified taking pharmacological characteristics of its ingredients and their active agents into account. Introduction of the biologically active dietary supplement in addition to the prescribed therapeutic treatment gave positive effect in relation to the inflammatory process: the patients could easier clear their throats from expectoration, coughed less frequently, and had less intense shortness of breath. It was evident that symptoms of disease recrudescence decreased. It appeared in the decreased intensity and length of fever. In case of acute respiratory viral infection the biologically active dietary supplement had antipyretic activity due to the anti-exudative effect of its ingredients. The author determined the anti-inflammatory effect and reduction of acute intoxication symptoms taking the results of general blood analysis into account. Patients who took special-use product had lower values of an inflammatory process marker – seromucoids. Tissues restored easily. The tested product has anti-inflammatory, antipyretic and analgesic properties. It can be used in complex treatment of acute inflammatory diseases and recrudescence of chronic inflammatory processes.

**Keywords.** Full-scale tests, biologically active dietary supplement, vegetable components

**For citation:** Lobach E.Yu., Vekovtsev A.A., Nikityuk D.B., Poznyakovskiy V.M. Full-scale testing of biologically active additive “Ivlaxin” in patients with acute inflammatory diseases. *Food Processing: Technique and Technology*, 2018, vol. 48, no. 2, pp. 143–150 (In Russ.). <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-2-143-150>.

## Введение

Натурные испытания являются доказательным фактором оценки эффективности и функциональной направленности специализированных продуктов, в том числе биологически активных добавок, которые широко применяются в профилактике и комплексном лечении различных заболеваний [1–5].

Одной из таких патологий являются острые воспалительные заболевания бронхолегочной системы, в том числе пневмония.

В России показатели заболеваемости пневмонией составляют от 5 до 15 и более случаев на 1000 населения в год. Однако точные данные по эпидемиологии пневмонии отсутствуют, так как заболевание не всегда диагностируется и регистрируется. Предположительно, около 1,5 миллиона человек ежегодно переносят это заболевание. В то же время, по отчетным данным МЗ РФ, количество таких больных составляет около 500 000 человек, то есть свыше 1 миллиона человек, переносящих пневмонию, не попадают в официальную статистику.

Несмотря на успехи современной медицины, смертность от пневмонии остается высокой во всех странах мира, в том числе в государствах с развитой структурой медицинского обслуживания, и занимает одно из первых мест среди причин смертности от инфекционных заболеваний. Имеющиеся данные позволяют ожидать дальнейшего повышения заболеваемости [6–10].

Высокие показатели заболеваемости и смертности, большая доля госпитализаций, длительный койко-день и значительный период

сниженной трудовой активности составляют социальную и медицинскую проблемы, связанные с диагностикой и лечением этого заболевания.

Существующие стандарты профилактики и лечения рассматриваемого заболевания не являются достаточно эффективными, несмотря на успехи антибактериальной терапии. Актуальным остается поиск средств, повышающих терапевтические эффекты от применяемых препаратов. Значительный интерес представляют изыскания способов уменьшения токсического действия на организм основной терапии, снижения выраженности побочных эффектов. Перспективным в этом направлении является использование комбинированных (поликомпонентных) природных комплексов, в том числе высокотехнологичных биологически активных добавок (БАД), позволяющих свести к минимуму количество и кратность приема всевозможных лекарственных средств. Последние могут вызвать негативные побочные реакции (язвообразование, лейкопения, агранулоцитоз и т. д.), наносящие вред здоровью.

## Объекты и методы исследования

Использованы клинические, инструментальные и лабораторные методы испытаний. Препарат назначался 12 больным очаговой левосторонней пневмонией (5 мужчин, 7 женщин) в возрасте от 18 до 41 года. Все пациенты получали БАД в условиях стационара по 1 таблетке 4 раза в день, первый прием включал 2 таблетки. Курс лечения составил 21 день. БАД назначали совместно с основной терапией, согласно общепринятым стандартам лечения.

Таблица 1 – Рецептурный состав БАД «Ивлаксин»

Table 1 – Composition of biologically active dietary supplement “Ivlaxin”

№	Наименование компонентов	Содержание, мг/1 табл (500 мг)	% от РСП
1	Ивы экстракт 25 % Салицин	10 2,5	
2	Мать-и-мачеха, лист	50	
3	Душица, трава	50	
4	Крапива, лист	50	
5	Березы экстракт	25	
6	Горец птичий, трава	25	
7	Солодки экстракт корня Глицирризиновая кислота	25 2,5	75
8	Аскорбиновая кислота	25	28
9	Лопуха экстракт	20	
10	Малины экстракт	12,5	
11	Эхинацеи экстракт	10	

Группу контроля составили 15 пациентов, аналогично рандомизированных по полу и возрасту, получавших только фармакологические препараты.

Всем больным измерялась температура тела, исследовался общий анализ крови, определялся уровень С-реактивного белка и серомукоидов, проводилась R-графия легких (у больных пневмонией), ЭКГ до и после лечения. По системе балльной оценки выполнялся анализ клинических симптомов: кашля, характера мокроты и одышки.

Работа выполнена на базе кафедры внутренних болезней Сибирского государственного медицинского университета (г. Томск) под руководством доктора медицинских наук, профессора Е. Б. Букреевой.

### Результаты и их обсуждение

Разработан фитокомплекс на основе растительных компонентов – биологически активная добавка «Ивлаксин», существенным отличием которой является научно обоснованная комбинация компонентов рецептуры, обладающих синергическим противовоспалительным, обезболивающим и жаропонижающим действием (табл. 1).

Натуральный фитокомплекс на основе растительных компонентов рекомендуется в качестве общеукрепляющего и профилактического средства, оказывающего мягкое противовоспалительное и потогонное действие, что обусловлено характеристикой его ингредиентного состава:

– Малина (*Rubus idaeus* L.). В листьях содержится значительное количество дубильных веществ, органические кислоты (салициловая, янтарная, яблочная), минеральные соли с большим количеством калия, а также сахара, смолы и слизи. Экстракт листьев обладает потогонным и жаропонижающим действием. Наличие комплекса биологически активных веществ, в том числе салициловой кислоты, обуславливает функциональные свойства малины при простудных заболеваниях верхних дыхательных путей.

– Солодка (*Glycyrrhiza glabra* L.). Корень солодки содержит комплекс биологически активных веществ: тритерпеновый сапонин, глицирризин-

кальциевая и калиевая соли глицирризиновой кислоты, флавоноиды, полисахариды. Глицирризин обладает кортикостероидоподобным действием, обеспечивая противовоспалительный эффект. Глицирризиновая кислота угнетает экссудативную и пролиферативную фазы воспалительного процесса. Глицирризин и сапонины способствуют повышению секретной функции эпителия дыхательных путей, изменению поверхностно-активных свойств легочного сурфактанта и проявляют стимулирующее действие на функцию ресничек эпителия. Под влиянием активных веществ солодки разжижается мокрота, облегчается ее откашливание. Санирующий эффект системы органов дыхания объясняется антимикробным свойством. Сумма флавоноидов из корней солодки традиционно применяется как противовоспалительное, спазмолитическое и антисекреторное средство при воспалительных заболеваниях желудочно-кишечного тракта. Экстракт корней солодки обладает противовоспалительным, иммунокорректирующим, отхаркивающим и противокашлевым действием.

– Витамин С обладает специфическим антибактериальным действием, повышающим сопротивляемость организма к различным инфекциям и укрепляющим иммунную систему. Обладает направленными антиоксидантными свойствами, позволяет предотвратить образование свободных радикалов, снижает риск образования опухолей, задерживает процесс старения. Оказывает положительный эффект на метаболизм фолиевой кислоты и железа, улучшает эластичность сосудов, нормализует проницаемость сосудистой стенки. Исходя из своих свойств, аскорбиновая кислота регулирует окислительно-восстановительные процессы в организме, стимулирует обмен веществ. Суточная потребность взрослого человека (18–59 лет) составляет 90 мг, с 1 таблетки БАД «Ивлаксин» поступает около 30 % от рекомендуемой нормы.

– Горец птичий, спорыш (*Polygonum aviculare* L.) содержит дубильные вещества, флавоноловый гликозид авикулярин, аскорбиновую кислоту, витамин К, каротин, соединения кремниевой кислоты, дубильные вещества. За счет дубильных веществ спорыш оказывает вяжущее, мочегонное, противовоспалительное и антимикробное действие. Благодаря наличию каротина улучшается функциональное состояние эпителия слизистых оболочек желудочно-кишечного тракта; дубильные вещества, витамин К и биофлавоноиды уменьшают проницаемость сосудистых стенок, нормализуют процессы всасывания в кишечнике. Соли кремниевой кислоты способствуют связыванию в кишечнике токсических веществ, выводя их из организма. Спорыш обладает общеукрепляющим, тонизирующим и мочегонным действием, повышает свертываемость крови, а также рекомендуется в качестве антигельминтного и успокаивающего средства, нормализует обмен веществ, укрепляет стенки капилляров.

– Ива белая (*Salix alba* L.). Кора ивы содержит гликозид салицин, дубильные вещества, флавоновые вещества, витамин С, а также салицилаты

растительного происхождения, обладающие жаропонижающим и противовоспалительным действием. Ива рекомендуется в качестве вяжущего, кровоостанавливающего, желчегонного и мочегонного средства при желудочно-кишечных заболеваниях и ревматизме, подагре, невралгии.

– Мать-и-мачеха обыкновенная (*Tussilago farfara* L.). В листьях обнаружены горькие гликозиды, дубильные вещества, каротиноиды и стерин, алкалоид туссиллагин, липиды. Комплекс биологически активных веществ оказывает синергическое воздействие на воспалительные процессы, рекомендуется как мягкое отхаркивающее и смягчающее средство при заболеваниях дыхательных путей, бронхите, спастическом кашле.

– Душица (*Origanum vulgare* L.). Трава содержит флавоноиды, фенольные кислоты, аскорбиновую кислоту, дубильные вещества и эфирное масло, основными компонентами которого являются тимол, карвакрол и сесквитерпены. Лечебные свойства душицы основаны на ее способности успокаивать центральную нервную систему, а также оказывать кровоостанавливающее, потогонное, отхаркивающее, saniрующее верхние дыхательные пути действие, стимулировать секрецию пищеварительных органов, перистальтику желудочно-кишечного тракта и желчевыделение, усиливать аппетит, повышать лактацию, оказывать обезболивающее и дезодорирующее влияние.

– Береза (*Betula pendula* L.). Лист березы содержит эфирное масло, основными компонентами которого являются сесквитерпеновый спирт бетулол, аскорбиновая кислота, фитонциды и глюкоза. Рекомендуется в качестве мочегонного, желчегонного средства, при воспалительных процессах в мочевом пузыре, атеросклерозе, ревматизме, почечно-каменной болезни, язве желудка, хронических заболеваниях почек, сердечных отеках. В качестве желчегонного средства применяется при холециститах, острых и хронических гепатитах, дискинезии желчевыводящих путей.

– Крапива (*Urtica dioica* L.). В листьях крапивы достаточно много хлорофилла, каротина, витаминов С и К, флавоноидов, минеральных солей, фитонцидов и танинов, органических кислот. Кровоостанавливающее действие крапивы обусловлено наличием витаминов К и С. Железо, в комплексе с протеином, витаминами, хлорофиллом и кремниевой кислотой, оказывает стимулирующее действие на углеводный и белковый обмен, что сопровождается повышением тонуса сердечно-

сосудистой, дыхательной и других систем организма. Крапива рекомендуется при вялотекущих хронических заболеваниях, при которых снижается сопротивляемость организма к воздействию различных факторов внешней и внутренней среды. Растение обладает вяжущим, мочегонным, кровоостанавливающим и стимулирующим действием. Применяют при сахарном диабете, благотворно влияет на показатели сахара в моче.

– Лопух (*Arctium lappa* L.). Экстракт корня является источником полисахаридов, инулина, протеинов, эфирного масла, жирных кислот, ситостерина и стигмастерина, солей калия, кальция, магния. Способствует регуляции обмена веществ, улучшает состав крови и мочи. Применяют при ревматизме, подагре как диуретическое и потогонное средство, используют для лечения сахарного диабета, мочекаменной болезни. Обладает мочегонным, антитоксическим эффектом, способствует регуляции работы желудочно-кишечного тракта, стимулирует регенерацию тканей.

– Эхинацея (*Echinacea purpurea* Roth.). Трава содержит биофлавоноиды (рутозид), производные кофейной кислоты, полисахариды (в частности инулин), фитостерины. Экстракт травы стимулирует выработку интерферона, поэтому оказывает противовирусное и иммуностимулирующее действие. Рекомендуется как средство профилактики при всех инфекционных и воспалительных процессах, длительных ОРЗ, гриппе, гайморитах, ангинах, бронхитах, герпесе. Комплекс биологически активных веществ растения обладает высоким бактерицидным действием и используется как антисептическое средство, обладает болеутоляющим действием, стимулирует грануляцию тканей, повышает активность фагоцитов, ускоряет процесс заживления ран и язв.

По итогам натуральных испытаний БАД у 22 больных, принимавших «Ивлаксин», вне зависимости от этиологии воспалительного процесса наблюдался положительный эффект: уже на 3–4-й день приема все больные отметили, что мокрота откашливалась легче, значительно уменьшился кашель, снизилась выраженность одышки (табл. 2).

Проведенный анализ балльных шкал клинических симптомов показал, что субъективные характеристики пациентов имеют достоверный уровень значимости различий по сравнению с группой контроля.

Таблица 2 – Динамика клинических симптомов у больных на фоне терапии БАД «Ивлаксин» на 4-й день от начала испытаний (в баллах)

Table 2 – Dynamics of clinical symptoms in patients during treatment with biologically active dietary supplement “Ivlaxin” on the 4th day of the test (in points)

Симптом	«Ивлаксин», n = 22		Контроль, n = 15		Уровень значимости различий	
	до приема	после приема	до приема	после приема	до приема	после приема
Кашель	2,97 ± 0,12	1,33 ± 0,11	2,55 ± 0,10	1,69 ± 0,12	0,55	0,010
Мокрота	1,84 ± 0,11	1,26 ± 0,14	1,85 ± 0,09	1,55 ± 0,15	0,41	0,018
Одышка	2,51 ± 0,13	1,88 ± 0,12	2,49 ± 0,09	2,06 ± 0,11	0,24	0,007

Как видно из приведенных результатов комплексной терапии, достоверно уменьшились симптомы обострения заболевания. Это касалось общей интоксикации и проявлялось в уменьшении выраженности и длительности лихорадки. В группе контроля она составила  $7,6 \pm 0,8$  дня, в группе, где противовоспалительная терапия осуществлялась в комплексе с приемом БАД «Ивлаксин», отмечена достоверно меньшая ( $p = 0,037$ ) продолжительность лихорадки –  $5,1 \pm 0,6$  дня. Следует отметить, что в случае ОРВИ БАД проявила более выраженную жаропонижающую активность (рис. 1 и 2), что сказалось на температурной кривой. Возможно, для этой категории больных благотворным оказалось антиэкссудативное действие ингредиентов БАД.

Исследование показателей общего анализа крови, характеризующих противовоспалительный ответ и синдром общей интоксикации, показало, что прием БАД «Ивлаксин» снижает выраженность симптомов острой интоксикации (табл. 3 и 4).

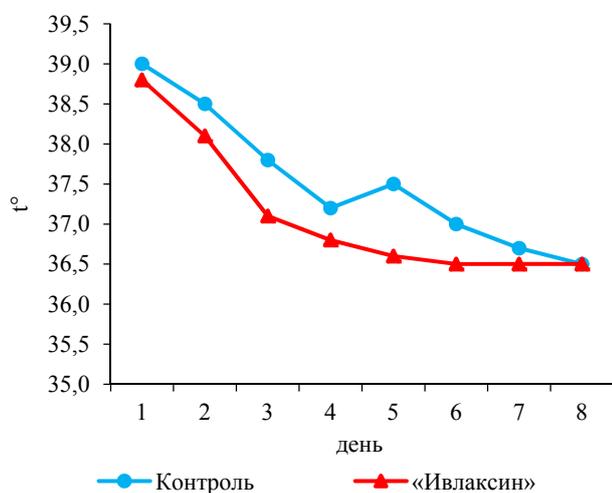


Рисунок 1 – Температурные кривые у пациентов с острыми респираторными заболеваниями, принимавшими БАД «Ивлаксин», и группы контроля в течение первых 8 дней терапии, °C при очаговой пневмонии

Figure 1 – Temperature curves of patients with acute respiratory diseases who took biologically active dietary supplement “Ivloxin” and of control group within the first eight days of treatment, °C case of focal bronchopneumonia

Достоверное различие между основной и контрольной группами, выявленное при анализе среднего количества гранулоцитов периферической крови, позволяет сделать вывод, что используемая БАД обладает выраженным противовоспалительным действием. При этом отмечено нехарактерное оказание негативного побочного эффекта на полиморфноядерные клетки крови, исходя из частоты лейкопении и агранулоцитоза в группах обследованных пациентов.

Биохимические показатели воспалительного процесса реагировали нормализацией на введение БАД «Ивлаксин» в схему лечения пневмонии. Если в контрольной группе через две недели от начала лечения с применением общепринятых стандартов показана тенденция к снижению уровня серомукоидов в сыворотке крови, то у пациентов, принимавших БАД, уменьшение содержания этого воспалительного маркера носило статистически значимый характер (табл. 5).

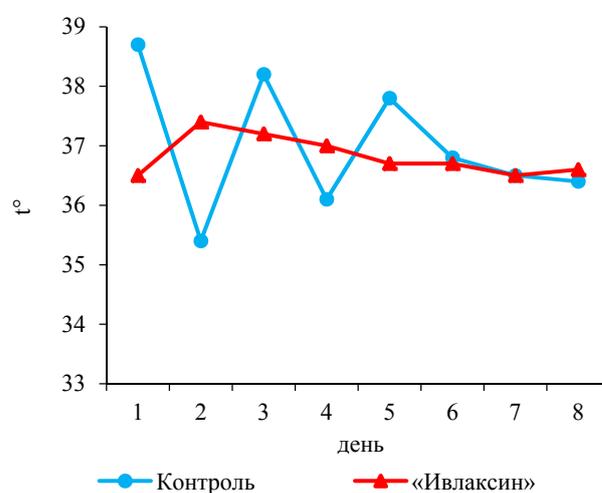


Рисунок 2 – Температурные кривые у пациентов с острыми респираторными заболеваниями, принимавшими БАД «Ивлаксин», и группы контроля в течение первых 8 дней терапии, °C при ОРВИ

Figure 2 – Temperature curves of patients with acute respiratory diseases who took biologically active dietary supplement “Ivloxin” and of control group within the first eight days of treatment, °C in case of acute upper respiratory tract viral infection

Таблица 3 – Некоторые показатели ОАК, взятые на 10-й день от начала лечения у обследованных пациентов с очаговой пневмонией, по сравнению с показателями контроля

Table 3 – Some general clinical blood analysis indicators measured on the 10th day of treatment in the examined patients with focal bronchopneumonia compared to the control indicators

Маркеры	«Ивлаксин», n = 12	Контроль, n = 8	Уровень значимости различий
Содержание гемоглобина, г/л	$121,2 \pm 3,5$	$124,5 \pm 2,8$	0,33
Содержание лейкоцитов, $\cdot 10^9/\text{л}$	$8,3 \pm 1,6$	$9,5 \pm 1,1$	0,035
Содержание палочкоядерных нейтрофилов, %	$5,3 \pm 1,1$	$6,2 \pm 0,8$	0,041
Содержание сегментоядерных нейтрофилов, %	$59,2 \pm 2,5$	$43,6 \pm 3,4$	0,038
Содержание лимфоцитов, %	$29,3 \pm 2,1$	$34,5 \pm 2,3$	0,040
Содержание моноцитов, %	$10,1 \pm 0,7$	$9,8 \pm 0,9$	0,25
СОЭ, мм/ч	$18,2 \pm 5,6$	$23,4 \pm 3,7$	0,022

Таблица 4 – Некоторые показатели ОАК, взятые на 7-й день от начала лечения у обследованных пациентов с ОРВИ, по сравнению с показателями контроля

Table 4 – Some general clinical blood analysis indicators measured on the 7th day of treatment in the examined patients with acute upper respiratory tract viral infection compared to the control indicators

Маркер	«Ивлаксин», n = 12	Контроль, n = 8	Уровень значимости различий
Содержание гемоглобина, г/л	125,9 ± 2,5	119,5 ± 2,3	0,049
Содержание лейкоцитов, ·10 <sup>9</sup> /л	7,2 ± 0,8	6,5 ± 0,6	0,042
Содержание палочкоядерных нейтрофилов, %	3,2 ± 0,9	3,3 ± 0,7	0,25
Содержание сегментоядерных нейтрофилов, %	54,6 ± 1,8	52,7 ± 2,2	0,56
Содержание лимфоцитов, %	36,3 ± 3,4	31,5 ± 1,9	0,044
Содержание моноцитов, %	15,5 ± 2,4	10,1 ± 0,7	0,039
СОЭ, мм/ч	15,6 ± 2,4	21,8 ± 4,2	0,025

Таблица 5 – Биохимические воспалительные маркеры у обследованных пациентов с очаговой пневмонией по сравнению с показателями соответствующего контроля в начале лечения на 13–15-й день диетотерапии

Table 5 – Biochemical markers of inflammation in the examined patients with focal bronchopneumonia compared to the indicators of the corresponding control on the 13th–15th day of nutrition therapy

Маркер	«Ивлаксин», n = 12		Контроль, n = 8		Уровень значимости различий	
	до приема	после приема	до приема	после приема	до приема	после приема
Содержание серомукоидов, г/л	0,385 ± 0,042	0,215 ± 0,056	0,401 ± 0,089	0,306 ± 0,075	0,63	0,019
Содержание +++	8	1	5	1	0,61	0,65
СРБ ++	4	2	3	2	0,61	0,53
+	0	10	0	5	–	0,29

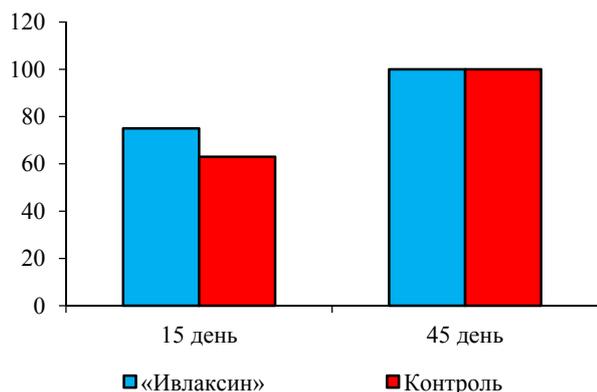


Рисунок 3 – Рентгенологическая динамика воспалительного процесса у пациентов с очаговой бронхопневмонией

Figure 3 – Roentgenological dynamics of inflammatory process in patients with focal bronchopneumonia

На 15 и 45 день от начала терапевтических мероприятий проведен рентгенологический контроль эффективности лечения, что позволило выявить положительное влияние испытуемого препарата на динамику восстановления ткани легкого в ходе терапии воспалительного процесса (рис. 3).

Известно, что воспалительные процессы в тканях легких ускоряют снижение функции легких,

ведут к возникновению хронической патологии бронхолегочной системы, которые могут ухудшать качество жизни пациентов. Существующие на сегодняшний день общепринятые стандарты лечения острых воспалительных заболеваний дыхательных путей недостаточно эффективны, поэтому включение в их терапию дополнительных средств воздействия на дыхательную систему, показавших свою эффективность и хорошую переносимость, представляется важным и практически значимым.

### Выводы

Полученные результаты свидетельствуют об эффективности терапии в форме БАД. Натуральный растительный комплекс в форме БАД «Ивлаксин» обладает противовоспалительным, жаропонижающим, болеутоляющим действием. Эффективен в комплексном лечении острых воспалительных заболеваний, а также обострений хронических воспалительных процессов, сопровождающихся повышением температуры тела.

Разработанный продукт производится на предприятиях компании «АртЛайф» (г. Томск), сертифицированных в рамках требований международных стандартов серии ISO 9001, 22000 и правил GMP, что обеспечивает стабильность заявленных показателей качества.

### Список литературы

1. Позняковский, В. М. Пищевые ингредиенты и биологически активные добавки / В. М. Позняковский, О. В. Чугунова, М. Ю. Томова. – М. : ИНФРА-М, 2017. – 143 с.
2. Натурные исследования эффективности биологически активной добавки с направленными функциональными свойствами / А. А. Вековцев [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2015. – № 2 (37). – С. 67–74.
3. Здоровье России. Атлас / Под ред. Л. А. Бокерия [т. е. Бокерии]; 8-е изд. – М. : НЦССХ им. А. Н. Бакулева РАМН, 2012. – 408 с.

4. Политика здорового питания. Федеральный и региональный уровни / В. И. Покровский [и др.]. – Новосибирск : Сибирское университетское издательство, 2002. – 344 с.
5. Герасименко, Н. Ф. Здоровое питание и его роль в обеспечении качества жизни / Н. Ф. Герасименко, В. М. Позняковский, Н. Г. Челнакова // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. – 2016. – № 4 (12). – С. 52–57.
6. Герасименко, Н. Ф. Методологические аспекты полноценного, безопасного питания: значение в сохранении здоровья и работоспособности / Н. Ф. Герасименко, В. М. Позняковский, Н. Г. Челнакова // Человек. Спорт. Медицина. – 2017. – Т. 17, № 1. – С. 79–86. <https://doi.org/10.14529/hsm170108>.
7. Хаджиева, З. Д. Определение глицирризиновой кислоты в сырье и препаратах солодки методом ВЭЖХ / З. Д. Хаджиева // Вестник новых медицинских технологий. – 2006. – Т. 13, № 3. – С. 188–190.
8. Шелеметьева, О. В. Контроль содержания водорастворимых витаминов в биологически активных добавках, пищевых продуктах и премиксах методом высокоэффективной жидкостной хроматографии / О. В. Шелеметьева, Г. Б. Слепченко, А. Н. Австриевских // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. – 2008. – Т. 74, № 5. – С. 6–9.
9. Production technology of functional bakery products / E. I. Ponomaryova [et al.] // European Journal of Natural History. – 2015. – № 6. – С. 59.
10. Shamtsyan, M. Potential to develop functional food products from mushroom bioactive compounds / M. Shamtsyan // Journal of Hygienic Engineering and Design. – 2016. – Vol. 15. – С. 51–59.
11. New functional products with chickpeas: reception, functional properties / I. F. Gorlov [et al.] // American Journal of Food Technology. – 2016. – Vol. 11, iss. 6. – P. 273–281. <https://doi.org/10.3923/ajft.2016.273.281>.
12. Functional properties of pulse flours and their opportunities in spreadable food products / L. Patrascu [et al.] // Quality Assurance and Safety of Crops and Foods. – 2017. – Vol. 9, № 1. – С. 67–78. <https://doi.org/10.3920/QAS2015.0770>.
13. Австриевских, А. Н. Продукты здорового питания: новые технологии, обеспечение качества, эффективность применения / А. Н. Австриевских, А. А. Вековцев, В. М. Позняковский. – Новосибирск : Сибирское университетское издательство, 2005. – 416 с.
14. ТР ТС 027/2012. О безопасности отдельных видов специализированной пищевой продукции, в том числе диетического лечебного и диетического профилактического питания [Электронный ресурс]. – Прин. Решением Совета Евразийской экономической комиссии от 15 июня 2012 г. № 34. – 26 с. – Режим доступа: <file:///C:/Users/%D0%A6%D0%A1%D0%9D%D0%98/Downloads/o-bezopasnosti-otdelinyh-vidov-spetsializirovannoi-pi.pdf>. – Дата доступа: 21.02.2018.

#### References

1. Poznyakovskiy V.M., Chugunova O.V., Tomova M.Yu. *Pishchevyye ingredienty i biologicheski aktivnyye dobavki* [Food ingredients and biologically active dietary supplements]. Moscow: INFRA-M Publ., 2017. 143 p.
2. Vekovcev A.A., Podzorova G.A., Kaz'mina A.Ju., Poznyakovskiy V.M. *Naturnyye issledovaniya effektivnosti biologicheskii aktivnoy dobavki s napravlennymi funktsional'nymi svoystvami* [Field studies of the effectiveness of dietary supplements with aimed functional properties]. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv* [Food Processing: Techniques and Technology]. 2015, no. 2(37), pp. 67–74.
3. Bokeriya L.A. *Zdorov'ye Rossii. Atlas* [Russian health. Atlas]. Moscow: A.N. Bakulev National Medical Research Center of Cardiovascular Surgery Publ., 2012. 408 p.
4. Pokrovskiy V.I., Romanenko G.A., Knyazev V.A., et al. *Politika zdorovogo pitaniya. Federal'nyy i regional'nyy urovni* [Healthy nutrition policy. Federal and regional levels]. Novosibirsk : Sibirskoye universitetskoye izdatel'stvo Publ., 2002. 344 p.
5. Gerasimenko N.F., Poznyakovskiy V.M., Chelnokova [i.e. Chelnakova] N.G. *Zdorovoye pitaniye i ego rol' v obespechenii kachestva zhizni* [Healthy eating and its role in ensuring the quality of life]. *Tekhnologii pishchevoy i pererabatyvayushchey promyshlennosti APK – produkty zdorovogo pitaniya* [Technologies of Food and Processing Industry of AIC – Healthy Food], 2016, no. 4(12), pp. 52–57.
6. Gerasimenko N.F., Poznyakovskiy V.M., Chelnokova [i.e. Chelnakova] N.G. *Metodologicheskie aspekty polnotsennogo, bezopasnogo pitaniya: znachenie v sokhranении zdorov'ya i rabotosposobnosti* [Methodological aspects of adequate safe nutrition: meaning for health promotion and maintenance of working capacity]. *Chelovek. Sport. Meditsina* [Human. Sport. Medicine], 2017, vol. 17, no. 1, pp. 79–86. <https://doi.org/10.14529/hsm170108>.
7. Khadjieva Z.D. *Opredeleniye glitsirrizinovoy kisloty v syr'ye i preparatakh solodki metodom VEZHKH* [Glycyrrhizic acid definition in raw material and in glycyrrhiza preparations through the highly effective liquid 188 chromatography method]. *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy* [Journal of New Medical Technologies], 2006, vol. 13, no. 3, pp. 188–190.
8. Shelemet'yeva O.V., Slepchenko G.B., Avstriyevskikh A.N. *Kontrol' soderzhaniya vodorastvorimyykh vitaminov v biologicheskii aktivnykh dobavkakh, pishchevykh produktakh i premiksakh metodom vysokoeffektivnoy zhidkostnoy khromatografii* [Control over water-soluble vitamin content in biologically active dietary supplements, food and premixtures using high-performance liquid chromatography]. *Zavodskaya laboratoriya. Diagnostika materialov* [Industrial Laboratory. Diagnostics of Materials], 2008, vol. 74, no. 5, pp. 6–9.
9. Ponomaryova E.I., Lukina S.I., Magomedov M.G., Roslyakova K.E. *Production technology of functional bakery products. European Journal of Natural History*, 2015, no. 6, p. 59.
10. Shamtsyan M. *Potential to develop functional food products from mushroom bioactive compounds. Journal of Hygienic Engineering and Design*, 2016, vol. 15, pp. 51–59.
11. Gorlov I.F., Slozhenkina M.I., Zlobina E.Y., et al. *New functional products with chickpeas: reception, functional properties. American Journal of Food Technology*, 2016, vol. 11, iss. 6, pp. 273–281. <https://doi.org/10.3923/ajft.2016.273.281>.

12. Patrascu L., Vasilean I., Banu I., Aprodu I. Functional properties of pulse flours and their opportunities in spreadable food products. *Quality Assurance and Safety of Crops and Foods*, 2017, vol. 9, no. 1, pp. 67–78. <https://doi.org/10.3920/QAS2015.0770>.

13. Avstriyevskikh A.N., Vekovtsev A.A., Poznyakovskiy V.M. *Produkty zdorovogo pitaniya: novyye tekhnologii, obespecheniye kachestva, effektivnost' primeneniya* [Healthy foods: new technologies, quality assurance, efficiency of administration]. Novosibirsk: Sibirskoye universitetskoye izdatel'stvo Publ., 2005. 432 p.

14. TR TS 027/2012. *O bezopasnosti otdel'nykh vidov spetsializirovannoy pishchevoy produktsii v tom chisle dieticheskogo lechebnogo i dieticheskogo profilakticheskogo pitaniya* [Technical Regulation of the Customs Union 027/2012. On safety of certain types of specialized food products including therapeutic and preventive dietary food]. Available at: <file:///C:/Users/%D0%A6%D0%A1%D0%9D%D0%98/Downloads/o-bezopasnosti-otdelinyh-vidov-spetsializirovannoi-pi.pdf>. (accessed 21 February 2018).

**Лобач Евгения Юрьевна**

канд. техн. наук, доцент, старший преподаватель кафедры маркетинга и бизнес-коммуникации, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7-904-575-64-97, e-mail: Lobach\_evgenia@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-3708-7886>

**Вековцев Андрей Алексеевич**

канд. мед. наук, заместитель директора по производству Научно-производственного объединения «АртЛайф», 634034, Россия, г. Томск, ул. Нахимова, 8/2

**Никитюк Дмитрий Борисович**

д-р мед. наук, профессор, директор Института питания ФГБУН «Федеральный исследовательский центр питания и биотехнологии», 109240, Россия, г. Москва, Устьинский проезд, 2/14

**Позняковский Валерий Михайлович**

д-р биол. наук, профессор, руководитель Научно-образовательного центра «Переработка сельскохозяйственного сырья и пищевые технологии», заведующий кафедрой пищевой индустрии и функционального питания, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный сельскохозяйственный институт», 650056, Россия, г. Кемерово, ул. Марковцева, 5

 <https://orcid.org/0000-0001-7034-4675>

**Evgeniya Yu. Lobach**

Cand.Sci.(Eng.), Kemerovo State University, Associate Professor of the Department of Marketing and Business Communications, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7-904-575-64-97, e-mail: Lobach\_evgenia@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-3708-7886>

**Andrey A. Vekovtsev**

Cand.Sci.(Med.), Deputy Director for Science and Innovations, Research and manufacturing association “ArtLife”, 8/2, Nakhimova Str., Tomsk, 634034, Russia

**Dmitriy B. Nikityuk**

Dr.Sci.(Med.), Professor, Director of the Institute of Nutrition of the Federal Research Center of Nutrition and Biotechnology, 2/14, Ust'inskiy proyezd, Moscow, 109240, Russia

**Valeriy M. Poznyakovskiy**

Dr.Sci.(Biol.), Professor, Head of the Research and Education Center “Processing of Agricultural Raw Materials and Food Technologies”, Head of the Department of Food Industry and Functional Nutrition, Kemerovo State Agricultural Institute, 5, Markovtseva Str., Kemerovo, 650056, Russia

 <https://orcid.org/0000-0001-7034-4675>



## ИССЛЕДОВАНИЕ ИММОБИЛИЗАЦИИ ПРОБИОТИКОВ КАК МЕТОДА ИХ ЗАЩИТЫ И ДОСТАВКИ В ЖЕЛУДОЧНО-КИШЕЧНЫЙ ТРАКТ ЧЕЛОВЕКА

Н. Б. Гаврилова<sup>1</sup> , Н. Л. Чернопольская<sup>1</sup> , А. В. Банникова<sup>2, \*</sup> ,  
И. А. Евдокимов<sup>3</sup> , М. И. Шрамко<sup>3</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина», 644008, Россия, г. Омск, Институтская площадь, 1

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова», 410012, Россия, Саратовская область, г. Саратов, Театральная площадь, 1

<sup>3</sup> ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет», 355009, Россия, г. Ставрополь, ул. Пушкина, д. 1

Дата поступления в редакцию: 10.07.2017

Дата принятия в печать: 22.06.2018

\* e-mail: [annbannikova@gmail.com](mailto:annbannikova@gmail.com)



© Н. Б. Гаврилова, Н. Л. Чернопольская, А. В. Банникова, И. А. Евдокимов, М. И. Шрамко, 2018

**Аннотация.** Актуальность исследований заключается в экспериментально-аналитическом обосновании эффективности совместного использования биополимеров животного и растительного происхождения в качестве подложки в процессе иммобилизации ассоциации пробиотических культур. Исследования выполнены в специализированных лабораториях университетов: Омского ГАУ, Саратовского ГАУ, СКФУ. В виде подложки использовались: желатин,  $\chi$ -каррагинан, низкоэтерифицированный пектин, модифицированный крахмал; в качестве биообъектов выбраны: *L. acidophilus*, *B. lactis*, *S. thermophilus*. Для получения достоверных и полных характеристик в работе применялся комплекс методов исследований: физико-химических, сенсорных, микробиологических. Исследование иммобилизации позволило определить оптимальное соотношение биополимеров в качестве носителя (подложки): пектин и желатин, как 2:1; общую концентрацию сухих веществ раствора носителя ( $20,0 \pm 0,5$ )%. Общее количество жизнеспособных клеток пробиотических микроорганизмов в мембранах (пластинах) составляет в среднем  $lg(11,0 \pm 0,55)$ . С целью продления срока, годности мембраны высушивали на сублимационной сушилке при параметрах: температура замороженного продукта ( $-25^\circ\text{C}$ ) и остаточное давление в сублиматоре  $0,0133-0,133$  кПа. Изучена иммобилизация микрокапсулированием ассоциации пробиотических культур *L. acidophilus*, *B. lactis* и *S. thermophilus* в гель биополимеров: желатин пищевой, гену пектин LM 106 AS-YA, крахмал в соотношении 5:1:1. Полученные микрокапсулы исследованы в имитированных желудочных и кишечных условиях. При этом определялось количество жизнеспособных клеток пробиотиков при различном времени их деградации. Установлено, что 20–25% жизнеспособных клеток пробиотиков было выпущено из капсул в фазе «искусственный желудок», 75–80% – в фазе «искусственного кишечника». Приведены инновационные биотехнологии продуктов на молочной основе для специализированного питания.

**Ключевые слова.** Иммобилизация, пробиотики, штаммы микроорганизмов, ферментативный гидролиз *in vitro*, биотехнологии, специализированное питание

**Для цитирования:** Исследование иммобилизации пробиотиков как метода их защиты и доставки в желудочно-кишечный тракт человека / Н. Б. Гаврилова, Н. Л. Чернопольская, А. В. Банникова [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 2. – С. 151–161. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-2-151-161>.

## INVESTIGATION OF THE IMMOBILIZATION OF PROBIOTICS AS A METHOD FOR THEIR PROTECTION AND DELIVERY TO THE HUMAN GASTROINTESTINAL TRACT

N.B. Gavrilova<sup>1</sup> , N.L. Chernopolskaya<sup>1</sup> , A.V. Bannikova<sup>2, \*</sup> ,  
I.A. Evdokimov<sup>3</sup> , M.I. Shramko<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Stolypin Omsk State Agrarian University, 1, Institutskaya square, Omsk, 644008, Russia

<sup>2</sup> Vavilov Saratov State Agrarian University, 1, Teatralnaya Square, Saratov, 410012, Russia

<sup>3</sup> North-Caucasian Federal University, 1 Pushkina Str., Stavropol, 355009, Russia

Received: 10.07.2017

Accepted: 22.06.2018

\* e-mail: [annbannikova@gmail.com](mailto:annbannikova@gmail.com)



**Abstract.** The relevance of research is the experimental and analytical justification of the effectiveness of the joint use of biopolymers of animal and plant origin as a substrate in the process of immobilization of the association of probiotic cultures. Researches are executed in specialized laboratories of universities: Omsk GAU, Saratov GAU, SKFU. In the form of a substrate were used: gelatin,  $\chi$ -carrageenan, low-esterified pectin, modified starch; as bioobjects are selected: *L. acidophilus*, *B. Lactis*, *S. thermophilus*. To obtain reliable and complete characteristics, a set of research methods was used in the work: physicochemical, sensory, and microbiological. Investigation of immobilization allowed to determine the optimal ratio of biopolymers as a carrier (substrate): pectin and gelatin, as 2:1; the total concentration of solids of the carrier solution ( $20.0 \pm 0.5$ )% by weight. The total number of viable cells of probiotic microorganisms in membranes (plates) is an average of lg ( $11.0 \pm 0.55$ ). In order to extend the shelf life, the membranes were dried in a freeze dryer, with parameters: the temperature of the frozen product ( $-25^\circ\text{C}$ ) and the residual pressure in the sublimate 0.013–0.133 kPa. Immobilization by microencapsulation of the association of probiotic cultures of *L. acidophilus*, *B. Lactis* and *S. thermophilus* into a gel of biopolymers: gelatin food, pectin gene LM 106 AS-YA, starch in a ratio of 5:1:1 was studied by microencapsulation. The obtained microcapsules were studied in imitated gastric and intestinal conditions, while the number of viable probiotic cells was determined at different times of their degradation. It was established that 20–25% of viable cells of probiotics were released from capsules in the "artificial stomach" phase, 75–80% in the "artificial bowel" phase. Innovative biotechnologies of milk based products for specialized nutrition are presented.

**Keywords.** Immobilization, probiotics, strains of microorganisms, enzymatic hydrolysis in vitro, biotechnology, specialized nutrition

**For citation:** Gavrilova N.B., Chernopolskaya N.L., Bannikova A.B., [et al.]. Investigation of the immobilization of probiotics as a method for their protection and delivery to the human gastrointestinal tract. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2018, vol. 48, no. 2, pp. 151–161 (In Russ.). <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-2-151-161>.

### Введение

О значимости проблемы повышения жизнеспособности клеток микроорганизмов, используемых в технологии ферментированных продуктов, свидетельствуют исследования, проводимые по сохранности и повышению количества жизнеспособных клеток пробиотических культур в процессе технологических операций производства, связанных с механическим и тепловым воздействием, ускоряющие при пассивации отмирания клеток микроорганизмов. Теоретически обосновано и экспериментально изучено влияние отдельных факторов, химических веществ и параметров, активизирующих пробиотические культуры в различных питательных средах, используемых в технологии ферментированных продуктов для специализированного и функционального питания [1, 3].

При отборе пробиотических культур необходимо установить соответствие видовых характеристик путем биохимических и физиологических тестов, которые являются полезными при идентификации бактерий до уровня вида. Так же исследуются живые клетки пробиотических культур с помощью фазового контраста, а клетки, окрашенные по Грамму, – с помощью светового микроскопа [5]. При составлении ассоциации культур необходимо учитывать их симбиотические отношения и степень устойчивости к неблагоприятным факторам для повышения их функциональных свойств.

В рамках развития пищевой биотехнологии в качестве эффективного метода для защиты бактериальных клеток пробиотических культур рекомендуется использовать иммобилизацию [1]. Вследствие чего этот метод рекомендуется для использования в биотехнологических процессах производства пива и вина [1, 6], а также в специализированных и функциональных продуктах питания.

Иммобилизацию клеток проводят различными способами: связыванием на твердом носителе;

включением в структуру носителя с использованием мембранной технологии. Связывание на твердом носителе обычно происходит посредством адсорбции и (или) ковалентного присоединения (в том числе, с использованием бифункциональных реагентов). Среди методов пространственного фиксирования выделяют микрокапсуляцию и наслаивание с использованием мембранной технологии [8, 12, 15, 18].

Перспективным материалом для носителя (подложки) являются полимерные плёнки, волокна, гели. Нерастворимые материалы, которые служат основой для матриц подобных носителей, могут быть органическими или неорганическими соединениями, синтетическими производными или природными продуктами [1].

Результаты исследований иммобилизации отдельных штаммов пробиотических и сопутствующих культур представлены в научных трудах известных ученых [8, 12, 13, 16, 18, 19, 20].

К методам мембранной технологии также относится микрокапсулирование. Внешняя оболочка микросфер – тонкая, непроницаемая для бактерий, но проницаемая для других компонентов искусственная мембрана. При микрокапсулировании капсулы также защищают продукты иммобилизации и образуют комфортную окружающую среду. Капсулы обладают механической прочностью и пригодны для длительного использования.

Данный метод эффективно используется в производстве витаминно-минеральных премиксов в инкапсулированном виде [9]. Так же он изучен, как метод сохранения биологически активных веществ [9, 10, 11, 14].

Гелевый матрикс для иммобилизации микробных клеток может состоять из агара, агарозы,  $\chi$ -каррагинана, желатины, коллагена и других ингредиентов.

Цель исследования – изучение совместного использования биополимеров животного и растительного происхождения для повышения жизнеспособности иммобилизованных бактериаль-

ных клеток ассоциации пробиотических микроорганизмов.

#### Объекты и методы исследования

В соответствии с задачами исследования в виде подложки использовались: желатин (ГОСТ 11293-89),  $\chi$ -каррагинан (ГОСТ 33310-2015), низкоэтерифицированный пектин (ГОСТ Р 51806-2001), модифицированный крахмал (ГОСТ 32902-2014).

Желатин хорошо растворим, его водный раствор образует студень.

Пектин – это водорастворимое вещество, свободное от целлюлозы и состоящее из частично или полностью метоксилированных остатков полигалактуроновой кислоты, высокомолекулярный полисахарид, является пребиотиком.

Крахмал – растительный полисахарид со сложным строением. Крахмал является важным компонентом пищевых продуктов. Неповреждённые крахмальные зёрна плохо растворимы, но он может значительно повысить прочностные характеристики матрицы.

Пищевой каррагинан – это натуральный (природный) гидроколлоид, высокомолекулярное соединение, образующееся из сополимеров солей калия, натрия, магния и кальциевых сернистых эфиров галактозы и 3,6-ангидрогалактозы.

Исследование культур микроорганизмов проводилось на видовом уровне. В качестве биообъектов были выбраны:

- *Lactobacillus acidophilus*, содержащая штамм La-5;
- *Bifidobacterium* содержащая штамм *Bifidobacterium lactis* (BB-12);
- *Bifidobacterium* содержащая штамм *Bifidobacterium longum* (BB-46);
- термофильная культура, содержащая определенный штамм *Streptococcus salivarius subsp. thermophilus*;

Характеристика биообъектов приведена в табл. 1.

Для получения достоверных и полных характеристик исследуемых объектов применяли современные методы исследования.

**Физико-химические методы.** Активную кислотность (рН) исследуемых систем определяли с помощью иономера ИПЛ-101 (производство Россия).

Динамическую вязкость определяли на ротационном вискозиметре Fungilab SMART (производство Германия).

Для определения активности воды использовали прибор Rawkit (производство США).

Деградация капсул была исследована в ходе имитации модели переваривания в желудочных и кишечных соках.

Модельный желудочный сок: 2%-ный раствор NaCl в воде Millipore, рН 2 (1 М HCl), пепсин 3600 U / мл, температура 37 °С. Образцы инкубировали в водяной бане при постоянном встряхивании в течение заданного периода времени (120 мин).

Модельный кишечный сок: 0,68 % одноосновного фосфата калия; 0,1 % солей желчных кислот; 0,4 % панкреатина, рН 7,5 (0,5 М NaOH), температура 37 °С. Образцы инкубировали в водяной бане при постоянном встряхивании в течение заданного периода времени ( $\approx$ 20 мин) [9, 17].

Сушку проводили на сублимационной сушильной установке марки «TG 50» (производство Германия).

**Микробиологические методы.** Для микробиологических исследований использовались аттестованные в установленном порядке методики выполнения измерений:

– метод предельных разведений с использованием питательных сред – стерильное обезжиренное молоко и агар с гидролизированным обезжиренным молоком;

– метод предельных разведений с использованием среды Vlourock.

Для проведения исследований использовали микробиологический бокс с системой очистки TENCAN (производство Китай).

Изучение морфологии микроорганизмов проводилось методом микроскопирования фиксированных и окрашенных фуксином препаратов на микроскопе «Axioskop 40» (производство Германия) при увеличении 10 x 63.

#### Результаты и их обсуждение

Мировой и национальный (отечественный) опыт свидетельствует о возросшем интересе населения к здоровому питанию, значительной составляющей которого являются продукты пищевые функциональные. Производство продуктов пищевых функциональных – основной мировой тренд пищевой науки и предмет инновационных исследований. Основным отличием продуктов пищевых функциональных является их направленное физиологическое воздействие на организм человека, источник которого – пробиотические микроорганизмы. При этом важным фактором является их видовое соответствие нормальной микрофлоре желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) здорового человека.

Таблица 1 – Характеристика используемых культур

Table 1 – Description of cultures

Вид закваски	Вид микрофлоры	Минимальная клеточная концентрация, КОЕ/г	Оптимальная температура ферментации, °С	Активная кислотность, ед. рН
La-5	<i>Lactobacillus acidophilus</i> , штамм La-5	$1 \cdot 10^9$	$42 \pm 2$	5,5–5,8
ST-M7	Определенный штамм <i>Streptococcus salivarius subsp. thermophilus</i>	$1 \cdot 10^{10}$	$40 \pm 5$	6,0–6,5
BB-12	Тип <i>Bifidobacterium</i> , содержит штамм <i>Bifidobacterium lactis</i>	$1 \cdot 10^{11}$	$37 \pm 3$	6,0

Таблица 2 – Характеристика мембран

Table 2 – Membrane characteristics

Номер опыта (№)	Сухие вещества, %	Вязкость, мПа·с	Активность воды ( $a_w$ )	Активная кислотность, pH
1	5,86 ± 0,12	8,2 ± 0,1	0,870	4,37
2	10,41 ± 0,10	10,7 ± 0,1	0,862	4,40
3	13,52 ± 0,15	13,1 ± 0,1	0,858	4,38
4	19,92 ± 0,13	18,5 ± 0,1	0,853	4,40
5	23,14 ± 0,15	24,3 ± 0,1	0,841	4,38

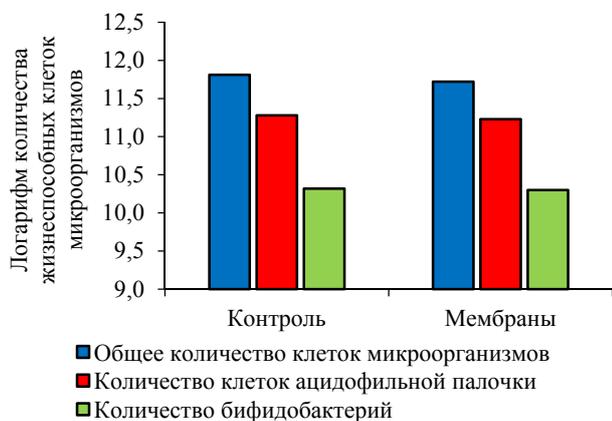


Рисунок 1 – Зависимость логарифма числа живых клеток от условий иммобилизации

Figure 1 – Association between the artificial number of live cells and immobilization conditions

В качестве способа защиты жизнеспособных клеток пробиотических микроорганизмов в агрессивных условиях технологического процесса производства и ЖКТ изучен процесс иммобилизации ассоциации пробиотических культур в гидроколлоидные мембраны, которые образуются при использовании метода наслаивания. Значимым объектом исследования является вид носителя (подложки). Следует отметить, что в зависимости от происхождения, химических свойств и биологической активности носителя, возможны следующие результаты иммобилизации методом наслаивания: в случае использования подложкой биополимеров животного или растительного происхождения или их смеси, образуются тонкие пластины (мембраны) с заданными свойствами. Необходимо подчеркнуть, что активность пробиотических культур в мембранах должна быть не менее  $1 \cdot 10^{10}$  КОЕ/г и хорошо сохраняться в процессе хранения. При растворении мембраны должны иметь период распадаемости (0,5 ÷ 1,0) ч.

Учитывая вышеизложенное, изучено совместное использование биополимеров пектина цитрусового и желатина пищевого. Следует отметить, что данные биополимеры образуют вязкие гели, отличающиеся отличными диффузными свойствами. Активная кислотность процесса гелеобразования соответствует активизации роста пробиотической микрофлоры и составляет pH = 4,0–4,3 ед. Используемые биополимеры так же играют роль пребиотиков, так как содержат глутаминовую кислоту, аргинины, пищевые волокна.

Исследования проводились в специальном боксе в следующей последовательности:

– активизация биомассы клеток пробиотических культур (*L. acidophilus* : *B. lactis* : *S. thermophilus*, в соотношении 1:1:1) на стерилизованном и охлажденном до температуры  $(38 \pm 1)^\circ\text{C}$  обезжиренном молоке, так как оптимальная температура жизнедеятельности монокультур включенных в ассоциацию, представленных в таблице 1, составляет  $(38 \pm 1)^\circ\text{C}$ ;

– подготовка смеси биополимеров проводилась в соответствии с рекомендациями фирмы-производителя. При этом в опытах изменялась массовая доля биополимеров от 5 % до 25 % при постоянном соотношении пектина к желатину как 2:1;

– в реакторе ассоциацию пробиотических культур в активизированной форме при температуре  $(33 \pm 1)^\circ\text{C}$  соединяли с гелем биополимеров, перемешивали в течение  $(15 \pm 5)$  минут;

– затем проводили дозирование полученной смеси в стерильные формы;

– время выдержки форм в условиях специального бокса составляет 15–20 минут. В результате чего, в формах образовались тонкие плёнки (мембраны). Температура хранения мембран  $(4 \pm 2)^\circ\text{C}$ .

Оптимальное количество смеси биополимеров и их соотношения устанавливались путём экспериментов в пятикратной повторности. Результаты обрабатывались с использованием методов математической статистики.

Качество полученных мембран оценивали физико-химическими, сенсорными и микробиологическими методами (таблица 2).

Изучены микробиологические показатели ассоциации культур до иммобилизации (контроль) и после иммобилизации (опыт) (рис. 1).

Анализ данных, представленных на рис. 1, свидетельствует о незначительном снижении степени концентрирования жизнеспособных клеток иммобилизованных культур микроорганизмов в мембранах, что положительно характеризует иммобилизацию как метод защиты клеток в неблагоприятных условиях.

Изучение морфологии микроорганизмов проводилось методом микроскопирования фиксированных и окрашенных фуксином препаратов на микроскопе «Axioskop 40» при увеличении 10 x 63. Результаты исследований представлены на рис. 2 и 3.

Анализ данных, представленных на рисунках, свидетельствует о том, что при включении клеток микроорганизмов в гели, они располагаются равномерно, отсутствуют крупные скопления клеток. Это способствует сохранению высокой активности и стабильности клеток в процессах биосинтеза.

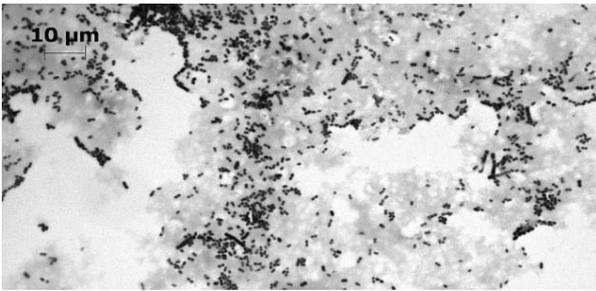


Рисунок 2 – Микроструктура активизированных культур пробиотических микроорганизмов (*L. acidophilus* : *B. lactis* : *S. thermophilus* в соотношении 1:1:1)

Figure 2 – Microstructure of activated probiotic cultures (*L. acidophilus*, *B. lactis* and *S. thermophilus*, ratio 1:1:1)

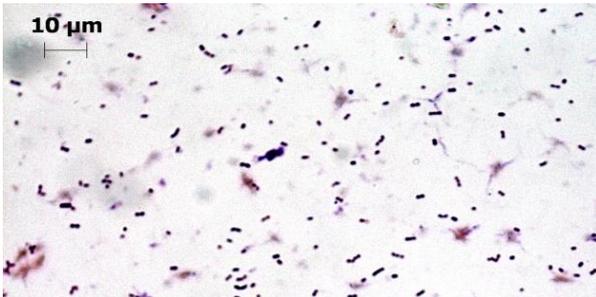


Рисунок 3 – Микроструктура иммобилизованных культур пробиотических микроорганизмов (*L. acidophilus* : *B. lactis* : *S. thermophilus* в соотношении 1:1:1)

Figure 3 – Microstructure of immobilized probiotic cultures (*L. acidophilus*, *B. lactis* and *S. thermophilus*, ratio 1:1:1)

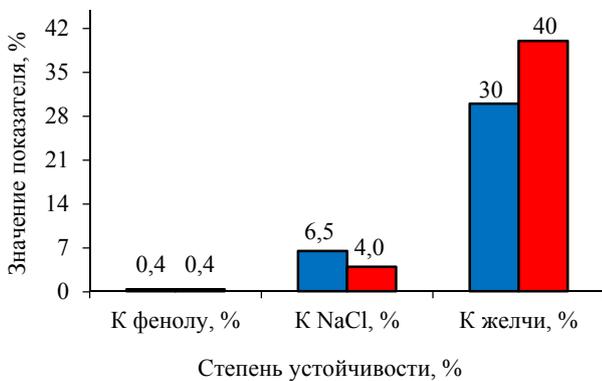


Рисунок 4 – Изучение показателей, характеризующих жизнеспособность пробиотических культур в условиях ЖКТ

Figure 4 – Viability signs of probiotic cultures in gastrointestinal tract conditions

Кроме показателей, представленных на рисунке, определялась степень устойчивости ассоциации пробиотических культур в иммобилизованной форме (опыт) по отношению к контрольному образцу, а также к щелочной реакции среды (ед. pH). Получены следующие данные: контрольный образец 8,3–9,6; опытный образец 8,3–9,2. Гипотетически предположено, что опытный образец более устойчив

к агрессивным условиям ЖКТ за счет комбинации компонентов – протеинов и полисахаридов, концентрируемых в стенках клеток микроорганизмов, содержащих пектины, которые комплектарны соответствующим рецепторам, расположенным на мембранах эпителиальных клеток. Пектины, в данном случае, являются медиаторами адгезии вследствие своей белковой или гликопротеиновой природы. Тем самым они способствуют увеличению числа жизнеспособных клеток ассоциации пробиотических культур.

Другим аспектом исследований являлось формирование сохранения жизнеспособности в желудке у экспериментальной ассоциации пробиотических культур, где количество микробов незначительно из-за его кислой среды, и в кишечнике, в котором для роста микроорганизмов создаются трудности из-за присутствия агрессивных пищеварительных ферментов [7].

Для уточнения качества вышеозначенных свойств были проведены экспериментальные исследования (рис. 4) жизнеспособности пробиотических культур, поступающих в ЖКТ в виде микромембран.

В результате исследований было установлено, что иммобилизованные культуры микроорганизмов проявили устойчивость к исследуемым концентрациям тест-веществ, что может рассматриваться, как косвенный показатель лучшей способности иммобилизованных культур приживаться в желудочно-кишечном тракте человека.

Анализ физико-химических, сенсорных и микробиологических показателей позволяет считать оптимальным количественное соотношение биополимеров в качестве носителя (подложки): пектин и желатин как 2:1; общая концентрация массовой доли сухих веществ раствора носителя ( $20,0 \pm 0,5$ ) %. Микробиологические показатели свидетельствуют о наличии в мембранах (пластинках) жизнеспособных клеток пробиотических микроорганизмов в среднем lg ( $11,0 \pm 0,55$ ).

С целью продления срока годности и расширения возможности использования мембран (пластинок) изучен способ консервирования их высушиванием.

В качестве метода обезвоживания опытных мембран использовалась сублимационная сушка (лиофилизация), как один из прогрессивных и эффективных методов сушки пищевой промышленности [1]. В данном случае он выбран для снижения процесса термоинактивации ассоциации пробиотических микроорганизмов и сохранения их жизнеспособности после выхода из анабиотического состояния. Процесс высушивания осуществляли при температуре замороженного продукта ( $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) и остаточном давлении в сублиматоре 0,0133–0,133 кПа на производственной установке TG 50 при следующих параметрах, которые представлены на рис. 5.

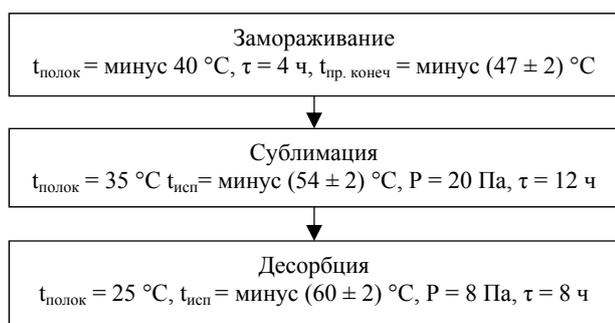


Рисунок 5 – Высушивание опытных образцов мембран на производственной установке TG 50

Figure 5 – Sublimation of check sample membranes in dehydrofreezing unit TG 50

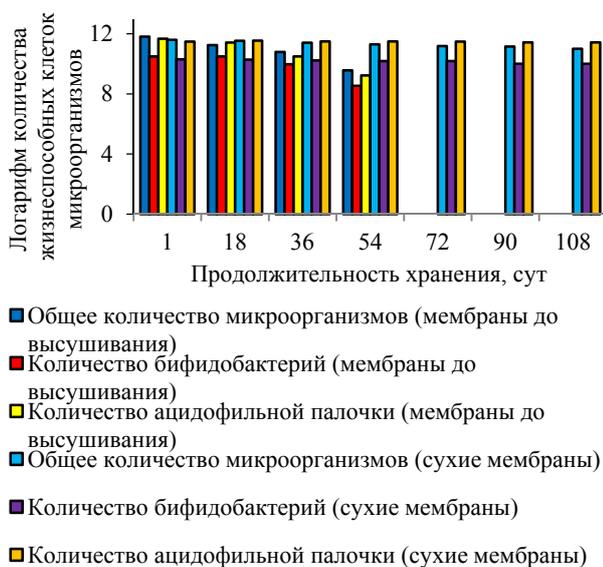


Рисунок 6 – Микробиологические показатели сухих мембран в период хранения

Figure 6 – Microbiological marks of dried membranes during storage period

После высушивания опытные образцы в условиях специального бокса подвергались тонкому измельчению, просеивались и расфасовывались в стерильные сухие флаконы, герметически упаковывались, этикировались и хранились при температуре  $(4 \pm 2) \text{ } ^\circ\text{C}$ .

В процессе длительного хранения проводились исследования числа клеток пробиотических микроорганизмов в опытных образцах мембран (рис. 6).

Изучение количественного состава микроорганизмов свидетельствует о том, что в течение процесса хранения количество клеток микроорганизмов в мембранах, не подвергнутых сублимационной сушке, уменьшается и при достижении показателя менее  $10^7$  КОЕ в 1 г снижается с хранения. В сухих мембранах количество микроорганизмов остается неизменным на протяжении всего срока годности. Определён гарантированный срок годности свежих мембран – 18 суток, сухих мембран – 90 суток.

Изложенные выше результаты экспериментальных исследований и их анализ позволяют

считать метод иммобилизации наслаиванием пробиотических культур в гель биополимеров достаточно эффективным.

На следующем этапе изучался процесс иммобилизации микрокапсулированием ассоциации пробиотических культур *L. acidophilus*, *B. lactis* и сопровождающий *S. thermophilus* в соотношении 1:1:1 в гель биополимеров: желатин пищевой, гену пектин LM 106 AS-YA, крахмал в соотношении 5:1:1.

Процесс микрокапсулирования проводился в специальном боксе, где была установлена пилотная установка.

В боксе поддерживались асептические условия, манипуляции проводились через специальные отверстия. Суспензию активизированной ассоциации пробиотических культур соединяли в реакторе с раствором биополимеров при температуре  $(38 \pm 1) \text{ } ^\circ\text{C}$  и затем формировали микрокапсулы.

Важным свойством микрокапсул является их доставка в желудочно-кишечный тракт. Эффективность системы доставки пробиотических микроорганизмов иммобилизованных методом микрокапсулирования исследовали в имитированных желудочных (ЖУ) и кишечных условиях (КУ).

При этом определяли следующие показатели: время распада и (или) скорость полного растворения *in vitro*. Эксперимент проводился в искусственном желудочном соке при температуре  $(36,5 \pm 0,5) \text{ } ^\circ\text{C}$ . Контрольное время, на которое ориентировались при проведении исследований, регламентировано Европейской фармакопеей и составляет 30 мин.

Так как поставлена задача колонизации кишечника жизнеспособными клетками пробиотических микроорганизмов, изучено изменение морфологии микрокапсул в условиях ЖУ (от 30 до 45 мин) и КУ (60 мин).

Для того чтобы оценить, насколько жизнеспособные клетки пробиотиков будут выпущены в желудочно-кишечной среде с различными условиями pH, ионной силы и ферментативной активности, определялось количество жизнеспособных клеток пробиотиков при различном времени их деградации.

Выявлено, что 20–25 % жизнеспособных клеток пробиотиков было выпущено из капсул в фазе «искусственный желудок», 75–80 % – в фазе «искусственного кишечника».

Подтверждено, что использование геля биополимеров желатина пищевого, гену пектина LM 106 AS-YA, крахмала в качестве носителя (подложки) может служить контейнером для инкапсуляции жизнеспособных клеток пробиотиков. Капсулы имели наибольшую концентрацию биологически-активных веществ, что говорит об их лучшей роли в качестве защитного компонента жизнеспособных клеток пробиотиков, а также их контролируемой доставки.

Проведенные исследования показали, что капсулы имели более пористую структуру в условиях «искусственного кишечника», обеспечивающую высвобождение жизнеспособных клеток пробиотиков.

Результаты изучения процесса иммобилизации, полученные экспериментальным путем, и их анализ позволяют считать, что метод наслаивания, так же как и микрокапсулирования жизнеспособных клеток пробиотиков в гель биополимеров животного и растительного происхождения, является эффективным.

Мониторинг, проводимый Институтом статистических исследований и экономики знаний Высшей школы экономики, показал, что пищевые биотехнологии, как область перспективных исследований, признаны глобальным технологическим трендом, а продукты, содержащие пробиотики, при их регулярном потреблении улучшают и стимулируют пищеварение, усиливают иммунитет при их регулярном употреблении [4].

В процессе разработки биотехнологии новых продуктов на молочной основе с использованием пробиотических культур, иммобилизованных в гели биополимеров, были изучены различные способы их обогащения протеинами в виде изолятов, концентратов, гидролизатов, содержащих высокую концентрацию свободных незаменимых аминокислот с разветвленными боковыми цепочками (ВСАА) и пептиды, участвующие в метаболизме мышечной ткани и построении мышечных волокон. Этот факт важно учитывать при создании продуктов для питания спортсменов.

Среди лиц, регулярно занимающихся любительским и профессиональным спортом, значительное количество молодёжи отдаёт предпочтение тяжелой атлетике. Известно, что она является особо энергозатратной. Технология следующего биопродукта относится к продуктам спортивного питания категории А (белково-углеводные продукты – гейнеры). В качестве источника протеина исследован изолят сывороточных белков – высокоочищенная форма (более 85 % белка), не содержащая жира, холестерина и углеводов (лактозы). Изучен процесс подготовки белково-углеводной основы нового продукта путём частичного гидролиза лактозы ферментным препаратом  $\beta$ -галактозидазы грибкового происхождения *Aspergillus niger*, в которую вводились компоненты, регулирующие углеводный состав (мёд натуральный и мальтодекстрин) и функциональные свойства («Пантогематоген Северный», витаминно-

минеральный премикс «Валетек-7»). Процесс ферментации смеси компонентов проводился закваской DVS культуры LAT PB AC (состав: *B. longum*, *B. bifidum*, *B. infantis*, *S. thermophilus*, *L. acidophilus*) и ассоциативной закваской культур: *L. acidophilus*, *B. lactis*, *S. thermophilus* в иммобилизованной форме. Разработана биотехнология белково-углеводного кисломолочного продукта «Спортивный» для питания спортсменов и нормативная документация для его производства СТО 78805029-035-2015. Продукт (спортивный) может быть реализован в жидком и сухом виде. Новизна технологического решения отражена в Патенте № 2538151 Российской Федерации.

Для питания молодых спортсменов так же разработана технология творожного продукта с использованием методов мембранной фильтрации, направленных на решение различных технологических задач по концентрированию молочных продуктов. Так как требовалось повысить в нормализованной молочной смеси концентрацию протеина, выбран метод ультрафильтрации. Данный процесс проводился на модуле TetraAlcross UC при следующих параметрах: температура ( $48 \pm 2$ ) °С; коэффициент концентрирования 3,2. Полученный концентрат (пермеат) использовался в качестве молочной основы, в которую вводились компоненты, регулирующие углеводный состав, сочетающие быстрые и медленные углеводы, а также специальная добавка – креатин, способствующая наращиванию мышечной массы. Заквашивание и сквашивание смеси компонентов проводилось ассоциацией культур *S. thermophilus*, *L. bulgaricus*, *Bifidobacterium*, *L. acidophilus* иммобилизованных в гель биополимеров. Творожный продукт вырабатывается без отделения сыворотки. Ему присвоено товароведное название «Биоогуртный творожок».

Технология всех продуктов для питания спортсменов, производимых по инновационным технологиям, апробирована на действующих молочных предприятиях. Исследования показали, что новые продукты отличаются повышенной биологической ценностью белков. Для её определения изучен аминокислотный состав белков продуктов и рассчитан их аминокислотный скор, результаты представлены в табл. 3.

Таблица 3 – Аминокислотный скор белков продуктов для спортивного питания

Table 3 – Amino-acid score of proteins in sport supplement

Незаменимые аминокислоты	Шкала ФАО/ВОЗ		Биопродукт		Биородукт «Спортивный»		Биоогуртный творожок	
	А	С	А	С	А	С	А	С
Изолейцин	40,0	100	66,75	166,9	63,64	159,00	51,70	129,25
Лейцин	70,0	100	94,01	134,3	119,48	171,00	104,00	148,57
Лизин	55,0	100	80,25	145,9	72,73	132,00	76,70	138,18
Метионин+цистин	35,0	100	133,50	380,0	55,32	158,00	56,90	162,50
Фенилаланин+тирозин	60,0	100	84,06	140,1	87,92	147,00	114,00	190,00
Треонин	40,0	100	61,00	152,5	49,87	125,00	52,10	130,25
Триптофан	10,0	100	67,80	135,6	87,01	174,00	13,00	130,00
Валин	50,0	100	11,06	111,6	11,17	112,00	57,10	114,00

Примечание: А – содержание незаменимых аминокислот, мг в 1 г белка, С – аминокислотный скор, % относительно справочной шкалы ФАО/ВОЗ

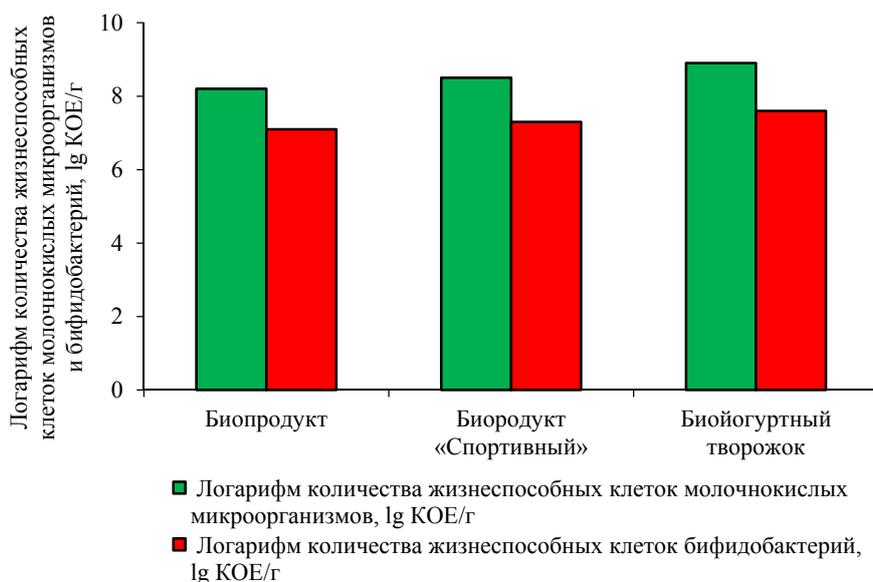


Рисунок 7 – Микробиологические показатели биопродуктов для питания спортсменов

Figure 7 – Microbiological marks of bioproducts for athletes

Отсутствие лимитирующей аминокислоты свидетельствует о биологической полноценности новых продуктов. Повышенное количество метионина в «Биопродукте» для спортивного питания следует объяснить введением в рецептуру гидролизата сывороточных белков, который богат этой незаменимой аминокислотой. Так же изучены микробиологические показатели новых продуктов, результаты представлены на рисунке 7.

Изучение микробиологических показателей и показателей безопасности позволяет отметить, что все новые продукты для питания спортсменов на завершающем этапе срока годности содержат не менее  $1 \cdot 10^8$  КОЕ/г продукта жизнеспособных клеток пробиотических культур, в том числе не менее  $1 \cdot 10^7$  КОЕ/г продукта бифидобактерий, что позволяет в соответствии с ГОСТ Р 52349-2005 (изм. № 1), считать данные продукты функциональными.

### Выводы

На основании результатов аналитико-экспериментальных исследований определены закономерности процесса иммобилизации ассоциаций пробиотических культур, иммобилизованных в гели различных биополимеров:

– *L. acidophilus*, *B. lactis*, *S. thermophilus* иммобилизованные в гель желатина, пектина и крахмала в соотношении 5:1:1;

– *B. longum*, *B. bifidum*, *B. infantis*, *S. thermophilus*, *L. acidophilus* иммобилизованные в гель пектина и желатина в соотношении 2:1;

– *S. thermophilus*, *L. bulgaricus*, *Bifidobacterium*, *L. acidophilus* иммобилизованные в гель желатина, пектина и каррагинана в соотношении 1:1:1.

Экспериментально установлена эффективность их использования в инновационных биотехнологиях продуктов на молочной основе, предназначенных для специализированного питания, в частности питания спортсменов.

### Список литературы

1. Гаврилова, Н. Б. Научные и практические основы биотехнологии молочных и молкосодержащих продуктов с использованием иммобилизации клеток микроорганизмов: монография / Н. Б. Гаврилова, О. А. Гладилова, Н. Л. Чернопольская. – Омск : Изд-во «Вариант–Омск», 2011. – 184 с.
2. Гаврилова, Н. Б. Специализированный продукт для спортивного питания / Н. Б. Гаврилова, Е. И. Петрова, Н. Л. Чернопольская // Пищевая промышленность. – 2013. – № 10. – С. 84–85.
3. Ганина, В. И. Повышение жизнеспособности клеток пробиотических бактерий в процессе сублимационного высушивания / В. И. Ганина, М. М. Сониева, А. Н. Соловьёва // Биотехнология. Вода и пищевые продукты: материалы международной конференции. – Москва, 2008. – 77 с.
4. Глобальные технологические тренды. Трендлер № 15, 2015. Режим доступа: <https://issek.hse.ru/trendletter>. – Дата доступа: 15.06.2017.
5. Хоулт, Дж. Краткий определитель бактерий Берджи в 2-х томах. Москва: Изд-во «Мир», 1997. – 800 с.
6. Крякунова, Е. В. Иммобилизация микроорганизмов и ферментов / Е. В. Крякунова, А. В. Канарский // Вестник Казанского технологического университета. – 2012. – Т. 15, № 17. – С. 189–194. Режим доступа: <http://cyberleninka.ru/article/n/immobilizatsiya-mikroorganizmov-i-fermentov>. – Дата доступа: 15.06.2017.
7. Хавкин, А. И. Микрофлора и развитие иммунной системы / А. И. Хавкин // Вопросы современной педиатрии. – 2012. – 11, № 5. – С. 86–89. DOI: <https://doi.org/10.15690/vsp.v11i5.433>.

8. Aslim, B. The effect of immobilization on some probiotic properties of *Streptococcus thermophilus* strains / B. Aslim, G. Alp // *Annals of Microbiology*. – 2009. – Vol. 59, № 1. – P. 127–132. <https://doi.org/10.1007/BF03175609>.
9. Bannikova, A. Preservation of oleic acid entrapped in a condensed matrix of high-methoxy pectin with glucose syrup / A. Bannikova, V. D. Paramita, S. Kasapis // *Food Hydrocolloids*. – 2016. – Vol. 53. – P. 284–292. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2014.08.011>.
10.  $\beta$ -glucanase productivity improvement via cell immobilization of recombinant *Escherichia coli* cells in different matrices / U. Beshay, H. El-Enshasy, I. M. K. Ismail [et al.] // *Polish Journal of Microbiology*. – 2011. – Vol. 60, № 2. – P. 133–138. Режим доступа: <http://www.pjm.microbiology.pl/full/vol6022011.pdf>. – Дата доступа: 15.06.2017.
11. Encapsulation of probiotic living cells: From laboratory scale to industrial applications / J. Burgain, C. Gaiani, M. Linder, [et al.] // *Journal of Food Engineering*. – 2011. – Vol. 104, № 4. – P. 467–483. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2010.12.031>.
12. Encapsulation: an alternative for application of probiotic microorganisms in thermally processed foods / C. P. Cavaleiro, M. de A. Etchepare, M. F. Silveira [et al.] // *Journal of the Center for Natural and Exact Sciences*. – 2015. – Vol. 37. – P. 65–74. <https://doi.org/10.5902/2179-460X19717>.
13. Microencapsulation of Probiotic Bacteria and its Potential Application in Food Technology / A. Das, S. Ray, U. Raychaudhuri [et al.] // *International Journal of Agriculture, Environment and Biotechnology*. – 2014. – Vol. 7, № 1. – P. 47–53. <https://doi.org/10.5958/j.2230-732X.7.1.007>.
14. Gauri, A. Immobilization and microencapsulation / A. Gauri, M. Shiwangi // *Journal of Advanced Research in Biotechnology*. – 2017. – Vol. 2, № 3. – P. 1–4. <http://dx.doi.org/10.15226/2475-4714/2/3/00129>.
15. Kinetic analysis and effect of culture medium and coating materials during free and immobilized cell cultures of *Bifidobacterium animalis* subsp. *Lactis* Bb 12 / H. Jalili, H. Razavi, M. Safari [et al.] // *Electronic Journal of Biotechnology*. – 2010. – Vol. 13, № 3. – P. 1–10. <https://doi.org/10.2225/vol13-issue3-fulltext-4>.
16. Microencapsulation and Fermentation of *Lactobacillus acidophilus* LA-5 and *Bifidobacterium* BB-12 / Y. Maryam, J. Fooladi, M. A. K. Motlagh // *Applied Food Biotechnology*. – 2015. – Vol. 2, № 4. – P. 27–32. <https://doi.org/10.22037/afb.v2i4.7711>.
17. Viability kinetics of free and immobilized bifidobacterium bifidum in presence of food samples under gastrointestinal in vitro conditions / A. G. Mendoza-Madrigal, E. Duran-Paramo, G. Valencia del Toro // *Revista Mexicana de Ingeniera Quimica*. – 2017. – Vol. 16, № 1. – P. 159–168. Режим доступа: <http://www.redalyc.org/pdf/620/62049878016.pdf>. – Дата доступа: 15.06.2017.
18. Immobilization Technologies in Probiotic Food Production / G. Mitropoulou, V. Nedovic, A. Goya [et al.] // *Journal of Nutrition and Metabolism*. – 2013. – Vol. 2013. – 15 p. <http://dx.doi.org/10.1155/2013/716861>.
19. New method for selection of hydrogen peroxide adapted bifidobacteria cells using continuous culture and immobilized cell technology / V. Mozzetti, F. Grattepanche, D. Moine [et al.] // *Microbial Cell Factories*. – 2010. – Vol. 9, № 60. <https://doi.org/10.1186/1475-2859-9-60>.
20. Ozyurt, V. H. Properties of probiotics and encapsulated probiotics in food / V. H. Ozyurt, S. Ötles // *Acta Scientiarum Polonorum, Technologia Alimentaria*. – 2014. – Vol. 13, № 4. – P. 413–424. <http://doi.org/10.17306/J.AFS.2014.4.8>.

## References

1. Gavrilova N.B., Gladilova O.A., and N.L. Chernopol'skaya. *Nauchnye i prakticheskie osnovy biotekhnologii molochnykh i molokosoderzhashchikh produktov s ispol'zovaniem immobilizatsii kletok mikroorganizmov: monografiya* [Scientific and Practical Bases for the Biotechnology of Milk and Dairy Products by Immobilization of Cells: Monograph]. Omsk: Option–Omsk Publ., 2011, 184 p. (In Russ.).
2. Gavrilova N.B., Petrova E.I., and Chernopolskaya N.L. Specialized Product for Sports Nutrition. *Food Industry Publ.*, 2013, no. 10, pp. 84–85. (In Russ.).
3. Ganina, V.I., Sonieva M.M., and Solovyova A.N. Povyshenie zhiznesposobnosti kletok probioticheskikh bakteriy v protsesse sublimatsionnogo vysushivani [Raising the Viability of Probiotic Cells during Sublimation]. *Materialy mezhdunarodnoy konferentsii «Biotekhnologiya. Voda i pishchevye produkty»* [Conference Proceedings “Biotechnology. Water and Food Products”]. Moscow, 2008, 77 p. (In Russ.).
4. *Global'nye tekhnologicheskie trendy*. Trendler № 15, 2015 [Global Trends in Technology. Trendler № 15, 2015]. Available at: <https://issek.hse.ru/trendletter>. (accessed 15 June 2017).
5. Holt, J. *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology in 2 Vol.* Moscow: Mir Publ., 1997, 800 p. (In Russ.).
6. Kryakunova E.V. and Kanarsii A.V. *Immobilizatsiya mikroorganizmov i fermentov* [Immobilization of microorganisms and ferments]. *Herald of Kazan Technological University*, 2012, vol. 15, no. 17, pp. 189–194. Available at: <http://cyberleninka.ru/article/n/immobilizatsiya-mikroorganizmov-i-fermentov>. (accessed 15 June 2017).
7. Khavkin A.I. Microflora and the development of the immune system. *Current pediatrics*, 2012, vol. 11, no. 5, pp. 86 – 89. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.15690/vsp.v11i5.433>.
8. Aslim B. and Alp G. The effect of immobilization on some probiotic properties of *Streptococcus thermophilus* strains. *Annals of Microbiology*, 2009, vol. 59, no. 1, pp. 127–132. <https://doi.org/10.1007/BF03175609>.
9. Bannikova A., Paramita V.D., and Kasapis S. Preservation of oleic acid entrapped in a condensed matrix of high-methoxy pectin with glucose syrup. *Food Hydrocolloids*, 2016, vol. 53, pp. 284–292. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2014.08.011>.

10. Beshay U., El-Enshasy H., Ismail I.M.K. et al.  $\beta$ -glucanase productivity improvement via cell immobilization of recombinant *Escherichia coli* cells in different matrices. *Polish Journal of Microbiology*, 2011, vol. 60, no. 2, pp. 133–138. Available at: <http://www.pjm.microbiology.pl/full/vol6022011.pdf>. (accessed 15 June 2017).

11. Burgain J., Gaiani C., Linder M., et al. Encapsulation of probiotic living cells: From laboratory scale to industrial applications. *Journal of Food Engineering*, 2011, vol. 104, no. 4, pp. 467–483. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2010.12.031>.

12. Cavalheiro C.P., Etchepare M. de A., Silveira M.F., et al. Encapsulation: an alternative for application of probiotic microorganisms in thermally processed foods. *Journal of the Center for Natural and Exact Sciences*, 2015, vol. 37, pp. 65–74. <https://doi.org/10.5902/2179-460X19717>.

13. Das A., Ray S., Raychaudhuri U., et al. Microencapsulation of Probiotic Bacteria and its Potential Application in Food Technology. *International Journal of Agriculture, Environment and Biotechnology*, 2014, vol. 7, no. 1, pp. 47–53. <https://doi.org/10.5958/j.2230-732X.7.1.007>.

14. Gauri A. and Shiwangi M. Immobilization and microencapsulation. *Journal of Advanced Research in Biotechnology*, 2017, vol. 2, no. 3, pp. 1–4. <http://dx.doi.org/10.15226/2475-4714/2/3/00129>.

15. Jalili H., Razavi H., Safari M., et al. Kinetic analysis and effect of culture medium and coating materials during free and immobilized cell cultures of *Bifidobacterium animalis* subsp. Lactis Bb 12. *Electronic Journal of Biotechnology*, 2010, vol. 13, no. 3, pp. 1–10. <https://doi.org/10.2225/vol13-issue3-fulltext-4>.

16. Maryam Y., Fooladi J., and Motlagh M.A.K. Microencapsulation and Fermentation of *Lactobacillus acidophilus* LA-5 and *Bifidobacterium* BB-12. *Applied Food Biotechnology*, 2015, vol. 2, no. 4, pp. 27–32. <https://doi.org/10.22037/afb.v2i4.7711>.

17. Mendoza-Madrigal A.G., Duran-Paramo E., and Valencia del Toro G. Viability kinetics of free and immobilized *bifidobacterium bifidum* in presence of food samples under gastroin-testinal in vitro conditions. *Revista Mexicana de Ingeniera Quimica*, 2017, vol. 16, no. 1, pp. 159–168. Available at: <http://www.redalyc.org/pdf/620/62049878016.pdf>. (accessed 15 June 2017).

18. Mitropoulou G., Nedovic V., Goya A., et al. Immobilization Technologies in Probiotic Food Production. *Journal of Nutrition and Metabolism*, 2013, vol. 2013, 15 p. <http://dx.doi.org/10.1155/2013/716861>.

19. Mozzetti V., Grattepanche F., Moine D., et al. New method for selection of hydrogen peroxide adapted *bifidobacteria* cells using continuous culture and immobilized cell technology. *Microbial Cell Factories*, 2010, vol. 9, no. 60. <https://doi.org/10.1186/1475-2859-9-60>.

20. Ozyurt V.H. and Ötles S. Properties of probiotics and encapsulated probiotics in food. *Acta Scientiarum Polonorum, Technologia Alimentaria*, 2014, vol. 13, no. 4, pp. 413–424. <http://doi.org/10.17306/J.AFS.2014.4.8>.

#### **Гаврилова Наталья Борисовна**

д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры «Технологии и оборудование пищевых производств», ФГБОУ ВО «Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина», 644008, Россия, г. Омск, Институтская площадь, 1, тел.: +7 (3812) 65-11-46, e-mail: [adm@omgau.ru](mailto:adm@omgau.ru)  
 <https://orcid.org/0000-0001-8544-4214>

#### **Natalia B. Gavrilova**

Dr.Sci.(Eng.), Professor, Professor of the Technologies and Equipment of Food Production Department, Stolypin Omsk State Agrarian University, 1, Institutskaya square, Omsk, 644008, Russia, phone: +7 (3812) 65-11-46, e-mail: [adm@omgau.ru](mailto:adm@omgau.ru)  
 <https://orcid.org/0000-0001-8544-4214>

#### **Чернопольская Наталья Леонидовна**

канд. техн. наук, доцент кафедры «Технологии и оборудование пищевых производств», ФГБОУ ВО Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина», 644008, Россия, г. Омск, Институтская площадь, 1, тел.: +7 (3812) 65-11-46, e-mail: [adm@omgau.ru](mailto:adm@omgau.ru)  
 <https://orcid.org/0000-0003-1359-9190>

#### **Natalia L. Chernopolskaya**

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Technologies and Equipment of Food Production Department, Stolypin Omsk State Agrarian University, 1, Institutskaya square, Omsk, 644008, Russia, phone: +7 (3812) 65-11-46, e-mail: [adm@omgau.ru](mailto:adm@omgau.ru)  
 <https://orcid.org/0000-0003-1359-9190>

#### **Банникова Анна Владимировна**

д-р техн. наук, доцент, доцент кафедры «Технологии продуктов питания», ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова», 410012, Россия, г. Саратов, Театральная площадь, 1, тел.: +7 (8452) 23-32-92, e-mail: [rector@sgau.ru](mailto:rector@sgau.ru)  
 <http://orcid.org/0000-0002-8299-7208>

#### **Anna V. Bannikova**

Dr.Sci.(Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Technology of Food Products Department, Vavilov Saratov State Agrarian University, 1, Teatralnaya Square, Saratov, 410012, Russia, phone: +7 (8452) 23-32-92, e-mail: [rector@sgau.ru](mailto:rector@sgau.ru)  
 <http://orcid.org/0000-0002-8299-7208>

#### **Евдокимов Иван Алексеевич**

д-р техн. наук, профессор, заведующий базовой кафедрой прикладной биотехнологии, ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет», 355009, Россия, г. Ставрополь, ул. Пушкина, 1, тел.: +7 (8652) 95-68-08, e-mail: [info@ncfu.ru](mailto:info@ncfu.ru)  
 <http://orcid.org/0000-0002-5396-1548>

#### **Ivan A. Evdokimov**

Dr.Sci.(Eng.), Professor, Head of the Department of Applied Biotechnology, North-Caucasian Federal University, 1, Pushkina Str., Stavropol, 355009, Russia, phone: +7 (8652) 95-68-08, e-mail: [info@ncfu.ru](mailto:info@ncfu.ru)  
 <http://orcid.org/0000-0002-5396-1548>

**Шрамко Мария Ивановна**

канд. биол. наук, заведующий международной научно-исследовательской лабораторией «Электро- и баромембранных технологий», ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет», 355009, Россия, г. Ставрополь, ул. Пушкина, д. 1. тел.: +7 (8652) 95-68-08, e-mail: info@ncfu.ru

**Maria I. Shramko**

Cand.Sci.(Biol.), Head of the International Research Laboratory "Electro-and Baromembrane Technologies", North-Caucasian Federal University, 1, Pushkina Str., Stavropol, 355009, Russia, phone: +7 (8652) 95-68-08, e-mail: info@ncfu.ru



<https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-2-162-169>  
УДК 664.863

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КОНЦЕНТРИРОВАННЫХ ТОМАТОПРОДУКТОВ НА СОДЕРЖАНИЕ КАРОТИНОИДОВ

Е. С. Белокурова\* , И. А. Панкина 

Дата поступления в редакцию: 28.04.2018  
Дата принятия в печать: 28.05.2018

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский  
политехнический университет Петра Великого»,  
195251, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29

\*e-mail: oldseadog@inbox.ru



© Е. С. Белокурова, И. А. Панкина, 2018

**Аннотация.** Исследования последних лет доказывают, что физическое здоровье населения зависит от качества продуктов питания. Одна из важных проблем современности – недостаток в пищевых продуктах биологически активных веществ, к которым относятся витамины, антиоксиданты, минеральные вещества. Многие из них не могут синтезироваться организмом человека и должны поступать с пищей. Источником необходимых организму человека антиоксидантов может стать томатная паста. Целью данной работы было определение содержания каротиноидов в образцах томатной пасты. В томатной пасте содержится большое количество каротиноидов, но преобладают  $\beta$ -каротин и ликопин. В результате экспериментальных исследований определено содержание каротиноидов,  $\beta$ -каротина и ликопина в образцах томатной пасты отечественного и импортного производства. Установлено, что отмечается прямо пропорциональная зависимость между содержанием каротиноидов и  $\beta$ -каротина: чем выше содержание каротиноидов, тем больше и  $\beta$ -каротина. Во всех исследованных образцах количество  $\beta$ -каротина составляет немногим более 12 % от общего количества каротиноидов. Потребление концентрированных томатопродуктов разными возрастными и социальными группами населения Российской Федерации поможет обогатить пищевой рацион  $\beta$ -каротином и ликопином в соответствии с нормами физиологических потребностей в пищевых веществах.

**Ключевые слова.** Томатная паста, биологически активные вещества,  $\beta$ -каротин, ликопин

**Для цитирования:** Белокурова, Е. С. Сравнительный анализ концентрированных томатопродуктов на содержание каротиноидов / Е. С. Белокурова, И. А. Панкина // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 2. С. 162–169. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-2-162-169>.

## COMPARATIVE ANALYSIS OF CONCENTRATED TOMATO PRODUCTS ON CAROTENOID CONTENT

E.S. Belokurova\* , I.A. Pankina 

Received: 28.04.2018  
Accepted: 28.05.2018

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,  
29, Polytechnicheskaya Str., Saint Petersburg, 195251, Russia

\*e-mail: oldseadog@inbox.ru



© E.S. Belokurova, I.A. Pankina, 2018

**Abstract.** Recent scientific works demonstrate that population physical health depends on food quality. One of the important modern problems is lack of biologically active substances such as vitamins, antioxidants, and mineral substances in food. Many of them cannot be synthesized by the human body and must come with food. Tomato paste can be the source of the antioxidants necessary for the human body. The purpose of this work was to determine the content of carotenoids in tomato paste samples. Tomato paste contains a significant amount of carotenoids, mainly  $\beta$ -carotene and lycopene. As a result of experimental studies, the author determined the content of carotenoids,  $\beta$ -carotene and lycopene in tomato paste samples produced in Russia and abroad. It was found out that there is a direct proportion between the content of carotenoids and  $\beta$ -carotene: the higher the content of carotenoids, the higher the content of  $\beta$ -carotene. Proportion of  $\beta$ -carotene in all studied samples is a little more than 12% of the total amount of carotenoids. Consumption of concentrated tomato products by different age and social population groups in Russia will help improve food ration by means of providing  $\beta$ -carotene and lycopene according to the physiological requirements in nutrients.

**Keywords.** Tomato paste, biologically active substances,  $\beta$ -carotene, lycopene

**For citation:** Belokurova E.S., Pankina I.A. Comparative analysis of concentrated tomato products on carotenoid content. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2018, vol. 48, no. 2, pp. 162–169 (In Russ.). <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-2-162-169>.

## Введение

По данным последних исследований в области питания населения разных стран мира и России в том числе, отмечается недостаточное потребление биологически активных веществ, которые организмом человека не вырабатываются и могут поступать только с пищей. Обеспечить население России качественными, безопасными и полноценными с точки зрения физиологии питания продуктами призвана Стратегия повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации, рассчитанная до 2030 года [10]. Для удовлетворения потребностей человека в необходимых питательных и биологически активных веществах необходимо расширять ассортимент продукции функционального и специализированного назначения [11].

В настоящее время повсеместно в сельском хозяйстве и в перерабатывающей промышленности используются интенсивные методы хозяйствования [1]. При изготовлении пищевых продуктов применяются технологии глубокой комплексной переработки, воздействие на сырье различными способами с целью получения продуктов длительного срока хранения, что приводит к уменьшению содержания в продуктах биологически активных веществ, таких как витамины и провитамины [2, 4].

Примером таких важных для организма человека биологически активных веществ являются каротиноиды. По своей химической природе каротиноиды представляют собой производные изопрена. Классификация каротиноидов зависит от их химического состава [16]. По этому признаку их делят на две подгруппы: каротины – углеводородные производные изопрена и ксантофиллы – кислородсодержащие производные каротинов [12]. Большинство каротиноидов обладают антиоксидантными, радиопротекторными и антиканцерогенными свойствами [17].

Учитывая неопределимую роль каротиноидов для протекания нормальных физиологических процессов в организме человека, актуальной задачей современной пищевой технологии является исследование и создание инновационных пищевых продуктов, содержащих каротиноиды или обогащенных этими компонентами [6].

При производстве пищевых продуктов каротиноиды могут использоваться не только в виде биологически активных пищевых добавок, но и в виде пищевых красителей, т. к. они имеют широкий спектр окраски, от желтого до красного [1].

Биологическая ценность пищи определяется ее компонентами, не способными синтезироваться в организме. Каротиноиды относятся к таким компонентам, их поступление зависит только от содержания в пищевых продуктах. В настоящее время главными источниками каротиноидов являются овощные культуры: морковь, тыква, томаты, петрушка, укроп; фрукты: абрикосы, персики, хурма; ягоды: облепиха, рябина, шиповник [22]. Преимущества моркови и тыквы состоят в том, что они произрастают в большинстве регионов Российской Федерации и обладают

хорошей лёжкостью, т. е. они доступны для населения в свежем виде круглый год. Из литературных источников известно, что при переработке овощной продукции для длительного хранения каротиноиды сохраняются, что актуально для населения России [15]. Поскольку каротиноиды могут синтезироваться не только высшими растениями, но и бактериями, водорослями и грибами, то одним из перспективных направлений является использование в качестве добавок к пищевым продуктам каротиноидов, выделенных из водорослей или микроорганизмов [21].

В XXI веке отмечается высокая потребность в каротиноидах. Так, например, мировое производство препаратов β-каротина оценивается в 5–10 тыс. т в год. Такие препараты широко используются не только как источник провитамина А в лечебно-профилактических целях, но и в качестве пищевого красителя при промышленном производстве сливочного масла, маргарина, макаронных изделий. Кроме того, β-каротин может применяться в животноводстве и птицеводстве в качестве кормовой добавки [18, 19].

В рационе питания россиян важным естественным источником каротиноидов являются томаты и продукты их переработки, такие как томатный сок, томатная паста, томатный соус, кетчуп [14].

Целью нашего исследования явилось определение содержания каротиноидов в образцах томатной пасты отечественного и импортного производства.

## Объекты и методы исследования

Объектами исследования послужили пять образцов томатной пасты разных производителей. Образец 1 – производитель ЗАО «Нежинский консервный завод» (г. Нежин, Украина); образец 2 – производитель ЗАО «Полтавские консервы» (Краснодарский край, ст. Полтавская, Россия); образец 3 – производитель ООО «Армада» (г. Балашиха, Россия); образец 4 – производитель ЗАО «Булгарконсерв» (г. Калуга, Россия); образец 5 – производитель «Горган» (Иран). Все исследуемые образцы, согласно сведениям на этикетке продукции, имели одинаковое содержание сухих веществ 30 % и были изготовлены только из тоματοпродуктов, без добавления полисахаридов.

При определении содержания каротиноидов пользовались стандартными методиками в соответствии с ГОСТ Р 54058-2010 «Продукты пищевые функциональные. Метод определения каротиноидов» [5]. Определение проводили спектрофотометрическим методом [8].

Количественное определение содержания каротиноидов в томатных пастах проводили поэтапно:

1. Получение навески.
2. Экстракция.
3. Очистка.
4. Измерение оптической плотности раствора.

Перед проведением анализа герметично закрытые банки с томатной пастой интенсивно

встряхивали, поворачивая сверху вниз. Затем отбирали навеску исследуемого образца в 5 г с точностью 0,01 г и помещали в стакан гомогенизатора. Для экстракции каротиноидов в качестве растворителя использовали ацетон в количестве 100 см<sup>3</sup> и углекислый магний в количестве 0,1 г. Затем проводили гомогенизацию исследуемой пробы.

После выдерживания пробы в течение некоторого времени с целью формирования и созревания осадка производили декантацию образовавшегося над осадком экстракта в делительную воронку, объем которой составлял 250 см<sup>3</sup>. Далее осадок, оставшийся в воронке, промывали ацетоном не менее трех раз. При этом жидкость, находившуюся над осадком при его промывании, каждый раз удаляли и затем смешивали в делительной воронке с экстрактом, который получили в результате гомогенизации анализируемой пробы. Общий экстракт, сконцентрированный в делительной воронке, был использован для очистки органической фазы с использованием петролейного эфира.

С целью очистки получившегося экстракта в делительную воронку добавляли петролейный эфир объемом 50 см<sup>3</sup>. Далее перемешивали раствор, содержащийся в делительной воронке, и оставляли его для выдерживания в течение некоторого времени с целью образования органического верхнего слоя. После удаления из делительной воронки водной экстрактивной фазы добавляли в оставшуюся жидкость дистиллированную воду объемом 50 см<sup>3</sup> с целью промывания органической фазы. При этом подвергали осторожному перемешиванию содержимое воронки путем легкого встряхивания. После некоторого отстаивания водная фаза из воронки удалялась.

Органическую (петролейную) фазу количественно переносили из делительной воронки в центрифужную пробирку, куда добавляли 2 г сульфата натрия. Содержимое делительной воронки подвергали тщательному перемешиванию стеклянной палочкой, затем пробу центрифугировали с целью отделения органической фазы от осадка. После центрифугирования петролейную фазу переносили в мерную колбу объемом 100 см<sup>3</sup>. К осадку в центрифужной пробирке добавляли 30 см<sup>3</sup> петролейного эфира, перемешивали стеклянной палочкой и повторно подвергали центрифугированию. Отделяли органическую фракцию и добавляли ее к первой порции в мерной колбе. Объем экстракта в мерной колбе довели до метки петролейным эфиром. Полученный экстракт использовали для спектрофотометрического определения общих каротиноидов [3, 8].

Спектрофотометрический метод определения пигментов базируется на измерении оптической плотности растворов (D) пигментов в области спектрального максимума поглощения света. Оптическая плотность характеризует ослабление излучения в слоях различных веществ:

$$D = \lg I_0 / I,$$

где  $I_0$  – интенсивность излучения падающего луча на поглощающий раствор,  $I$  – интенсивность излучения, прошедшего через раствор луча.

На спектрофотометре определяли оптическую плотность раствора (D) по определенной длине волны, соответствующей максимумам поглощения исследуемых пигментов. Максимумы поглощения для каротиноидов составляют 450 нм. В качестве раствора сравнения использовался петролейный эфир.

### Результаты и их обсуждение

Содержание каротиноидов в образцах томатной пасты представлено на рис. 1.

Анализ рис. 1 показывает, что в исследуемых образцах томатной пасты общее количество каротиноидов составляет от 22,0 до 33,4 мг на 100 г. Учитывая тот факт, что все образцы имели одинаковое содержание сухих веществ (30 %) и в составе сырья производитель не заявляет другого сырья кроме томатопродуктов, можно предположить, что используемые при изготовлении томаты имели различное содержание каротиноидов. Это вполне объяснимо, т.к. изначально была выбрана продукция разных производителей, которые перерабатывают свежие томаты разных ботанических сортов из разных климатических зон.

Из литературных источников известно, что томат относится к теплолюбивым культурам и самая подходящая температура для его выращивания составляет от 18 до 27 °С. Очень важным при выращивании данной культуры является своевременное сбалансированное питание вегетирующих растений, т.к. это способствует одновременному созреванию плодов. Кроме того, это приводит к накоплению большого количества сухих веществ. По-видимому, данное условие не всегда соблюдается.

Каротиноиды включают большое количество соединений. Наиболее значимым является  $\beta$ -каротин – предшественник витамина А, который преобразуется в ретинол в присутствии жиров и желчи [7].

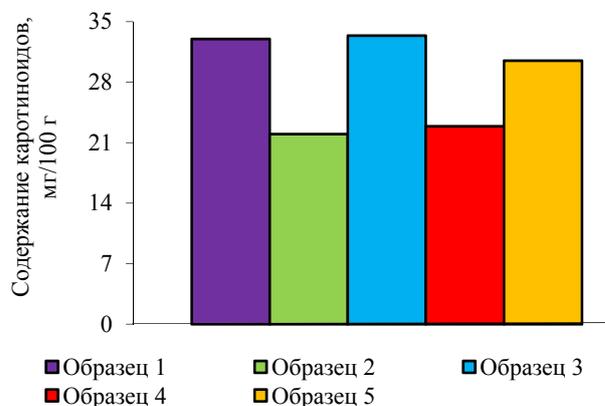


Рисунок 1 – Содержание каротиноидов в образцах томатной пасты, мг/100 г

Figure 1 – Content of carotenoids in tomato paste samples, mg/100 g

$\beta$ -каротин в организме человека выполняет роль антиоксиданта, который связывает и выводит радикалы, укрепляет иммунитет, значительно снижает риск заражения инфекционными и бактериальными заболеваниями, смягчает воздействие на здоровье человека вредной агрессивной среды, в частности радиации и химических соединений, которые встречаются в воздухе крупных промышленных центров. Кроме того,  $\beta$ -каротин укрепляет нервную систему и способствует повышению ее устойчивости в стрессовых ситуациях [7].

Результаты по определению содержания  $\beta$ -каротина в исследованных образцах томатной пасты представлены на рис. 2.

Содержание  $\beta$ -каротина в исследованных образцах составило от 2,7 до 4,2 мг на 100 г.

Сравнительный анализ диаграмм, представленных на рис. 1 и 2, показывает, что содержание  $\beta$ -каротина коррелирует с общим содержанием каротиноидов.

$\beta$ -каротин является провитамином витамина А. Есть данные, что 6 мкг  $\beta$ -каротина эквивалентны 1 мкг витамина А. Рекомендованное среднее потребление в разных странах составляет 1,8–5,0 мг/сутки. Верхний допустимый уровень потребления не установлен. В соответствии с нормами потребления пищевых и биологически активных веществ, разработанных отечественными специалистами, физиологическая потребность для взрослых составляет 5 мг/сутки [11].

Еще одним каротиноидом, оказывающим важное влияние на организм человека, является ликопин.

В клетках высших растений ликопин является предшественником всех остальных каротиноидов, в том числе и  $\beta$ -каротина [13]. Последние медицинские исследования, проведенные учеными из разных стран, доказали, что каротиноид ликопин стимулирует работу всех органов [21], но наиболее важными являются его антиоксидантные свойства, профилактика раковых и сердечно-сосудистых заболеваний человека [20].

Содержание ликопина в исследованных образцах томатной пасты представлено на рис. 3.

Содержание ликопина в исследованных образцах находилось в пределах 4,9–12,2 мг/100 г. Из литературных источников известно, что концентрация ликопина увеличивается при

тепловой обработке сырья [4]. В данном случае можно предположить, что содержание ликопина зависело как от качества перерабатываемого сырья, так и от технологии изготовления. Между содержанием ликопина и общим количеством каротиноидов не наблюдается такой прямой зависимости, как в случае с  $\beta$ -каротином.

Для наглядности было определено процентное содержание ликопина и  $\beta$ -каротина от общего количества каротиноидов в исследованных образцах томатной пасты (табл. 1).

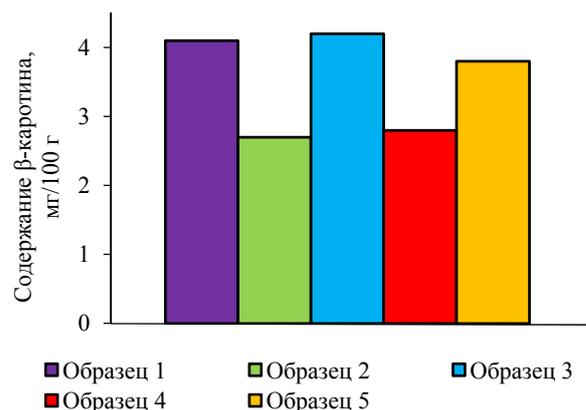


Рисунок 2 – Содержание  $\beta$ -каротина в образцах томатной пасты, мг/100 г

Figure 2 – Content of  $\beta$ -carotene in tomato paste samples, mg/100 g

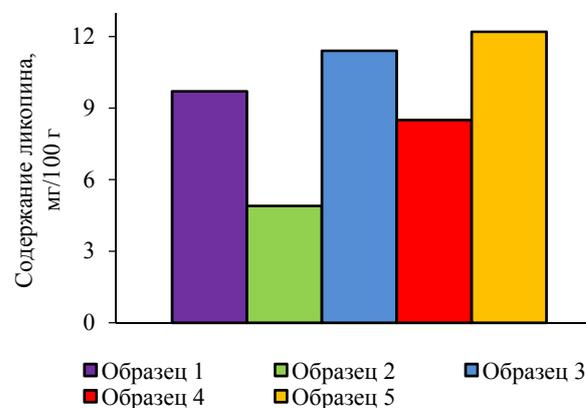


Рисунок 3 – Содержание ликопина в образцах томатной пасты, мг/100 г

Figure 3 – Content of lycopene in tomato paste samples, mg/100 g

Таблица 1 – Содержание ликопина и  $\beta$ -каротина (в %) от общего количества каротиноидов

Table 1 – Lycopene and  $\beta$ -carotene content (%) as a proportion to the general amount of carotenoids

Номер образца	$\beta$ -каротин, в % от общего количества каротиноидов	Ликопин, в % от общего количества каротиноидов
1	12,42	29,39
2	12,27	22,27
3	12,57	34,13
4	12,23	37,11
5	12,46	40,0

Из данных, представленных в табл. 1, видно, что доля  $\beta$ -каротина во всех исследованных образцах составляла чуть более 12 % от общего количества каротиноидов, тогда как процентное содержание ликопина составляло от 22,27 до 40,0 % от общего количества каротиноидов. Самое высокое содержание ликопина оказалось в образце томатной пасты из Ирана, хотя общее количество каротиноидов и содержание  $\beta$ -каротина в этом образце получилось не самое высокое. Томаты, как известно, способны дозревать при транспортировке и хранении. Можно предположить, что на накопление именно ликопина влияет качество используемого сырья, выращенного под действием большого количества солнечного света. По-видимому, в Иране при производстве томатной пасты используются томаты с более высокой степенью зрелости [9].

По данным зарубежных исследований, на накопление ликопина в свежих томатах большое влияние оказывают применяемые удобрения. Так, увеличение доли калийных удобрений (на примере внесения  $KNO_3$ ) для вегетирующего растения приводит к увеличению доли ликопина в свежих томатах до 30 %.

Из зарубежных источников литературы и нормативных документов известно, что в странах, специализирующихся на выращивании томатов для производства сгущенной томатной пасты, важными при подготовке сырьевой базы являются следующие показатели качества томатов:

- высокое содержание сухого вещества, что означает более низкое содержание воды в плодах и, соответственно, меньшие затраты на удаление воды в процессе концентрации;
- высокое содержание сахаров;
- цвет сока (до и после процесса концентрации);
- высокое содержание ликопина;
- вязкость (зависит от содержания нерастворимых сухих веществ, которое составляет около 50 % от общих сухих веществ);
- кислотность (рН);
- отсутствие признаков микробиологического заражения плодов.

Таким образом, при подготовке томатов на переработку их исследуют по данным показателям. Все указанные физико-химические показатели качества можно определить инструментальными методами исследования, но в полевых условиях это трудно сделать, поэтому при сборе урожая можно руководствоваться визуальными параметрами, такими как внешний вид и цвет томатов, вид на разрезе. На поперечном срезе томатов должны наблюдаться толстые стенки, что свидетельствует о высоком содержании сухого вещества.

Рекомендуется начинать механизированную уборку томатов, когда 90 % плодов имеют красную окраску. В некоторых регионах мира для ускорения созревания плодов томатов разрешено применять стимуляторы, которые обычно используют за несколько недель до сбора урожая.

По-видимому, при переработке томатов не всегда соблюдаются данные условия. Авторы статьи не имели возможности исследовать

качественные показатели используемого сырья, а работали только с готовой продукцией, но полученные результаты свидетельствуют о том, что при переработке в томатную пасту не всегда использовалось высококачественное сырье, предположительно, часто применялось сырье недозревшее.

По данным наших исследований, даже образцы томатной пасты отечественного производства имели высокое содержание ликопина. Возможно, производители перерабатывали концентрированные томатопродукты из зарубежных стран.

Согласно рекомендации по уровню потребления пищевых и биологически активных веществ, следует употреблять порядка 5 мг ликопина в сутки, верхний допустимый уровень потребления – 10 мг в сутки. Из литературных источников известно, что при совместном приеме ликопина и  $\beta$ -каротина наблюдается синергетический эффект [15].

### Вывод

В настоящее время в Российской Федерации кроме свежих овощей, фруктов и ягод одним из важных источников каротиноидов в пищевом рационе являются переработанные томаты. Несомненным преимуществом данной продукции является удобство ее транспортировки и хранения.

На сегодняшний день на рынке концентрированных томатопродуктов томатная паста занимает ведущее место, и ее ассортимент разнообразен за счет большого количества как отечественных, так и иностранных производителей.

Томатная паста содержит значительное количество биологически активных веществ, таких как каротиноиды, из которых в томатной пасте преобладают  $\beta$ -каротин и ликопин.

По результатам проведенных исследований отмечена прямо пропорциональная зависимость между содержанием каротиноидов и  $\beta$ -каротина: чем больше содержание каротиноидов, тем больше и  $\beta$ -каротина. Во всех исследованных образцах количество  $\beta$ -каротина составляет немногим более 12 % от общего количества каротиноидов.

Наибольшее содержание ликопина было отмечено у образца томатной пасты иранского производства. Такой результат мог получиться по двум причинам: из-за использования сырья, выращенного в более благоприятных погодных условиях, например больше солнечного света, и из-за более длительной термической обработки, т. к. томатная паста является одним из немногих продуктов, при изготовлении которого содержание ликопина увеличивается по сравнению с исходным сырьем.

В исследованных нами образцах томатной пасты содержание ликопина составляет от 22 до 40 % от общего количества каротиноидов.

Два образца томатной пасты отечественных производителей показали высокое содержание биологически активных веществ и могут конкурировать по данным показателям с зарубежными производителями.

## Список литературы

1. Баздырев, Г. И. Агробиологические основы производства, хранения и переработки продукции растениеводства / Г. И. Баздырев, А. Ф. Сафонов, А. Г. Мьякин'ков. – М. : Инфра-М, 2018. – 736 с.
2. Борисова, Л. М. Томатный сок – как источник макро- и микронутриентов / Л. М. Борисова, Е. С. Белокурова, И. А. Панкина // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2013. – № 3 (20). – С. 46–52.
3. Вытовтов, А. А. Средства контроля качества сырья, полуфабрикатов и готовой продукции пищевых производств [Электронный ресурс] / А. А. Вытовтов. – СПб. : Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2016. – Режим доступа: <http://elib.spbstu.ru/dl/2/s16-213.pdf>. – Дата доступа: 25.03.2018. <https://doi.org/10.18720/SPBPU/2/s16-213>.
4. Гаджиева, А. М. Теоретическое обоснование и разработка инновационных технологий производства томатопродуктов. – Махачкала : ДагГТУ, 2014. – 137 с.
5. ГОСТ Р 54058-2010. Продукты пищевые функциональные. Метод определения каротиноидов. – Введ. 01.01.2012. – М. : Стандартинформ, 2011. – 11 с.
6. Инновационные технологии переработки плодоовощной продукции / под ред. С. Родригеса, Ф. А. Н. Фернандеса ; пер. с англ. под науч. ред. Ю. Г. Базарновой. – СПб. : Профессия, 2014. – 456 с.
7. Кондратьева, И. Ю. Ликопин и  $\beta$ -каротин томата / И. Ю. Кондратьева, Н. А. Голубкина // Овощи России. – 2016. – № 4 (33). – С. 80–83. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2016-4-80-83>.
8. Курегян, А. Г. Спектрофотометрия в анализе каротиноидов [Электронный ресурс] / А. Г. Курегян // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 2 (ч. 23) – с. 5166–5172. Режим доступа: <http://www.fundamental-research.ru/ru/article/view?id=38175>. – Дата доступа: 25.03.2018.
9. Мачулкина, В. А. Сорт и качество переработанной продукции из томатов / В. А. Мачулкина, Т. А. Санникова, Ю. И. Авдеев // Селекция, семеноводство и технологии выращивания овощных, бахчевых, технических и кормовых культур. – 2014. – № 1. – С. 150–156.
10. Государственная программа развития сельского хозяйства и регулирование рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013–2020 годы : Постановление Правительства Российской Федерации от 14 июля 2012 г. № 717 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/902361843>. – Дата доступа: 23.03.2018.
11. Основы государственной политики Российской Федерации в области здорового питания населения на период до 2020 года : Распоряжение Правительства Российской Федерации от 25.10.2010 № 1873-р // Российская газета. – 2010. – 3 нояб., № 5328. – С. 19.
12. Справочник биохимика / Р. Досон [и др.] ; пер с англ. В. Л. Друцы, О. Н. Королевой. – М. : Мир, 1991. – 544 с.
13. Степанова, Н. Ю. Биохимические основы переработки и хранения сырья растительного происхождения / Н. Ю. Степанова, В. И. Марченко, А. Н. Богатырев. – СПб. : ГИОРД, 2017. – 312 с.
14. Степанова, Н. Ю. Есть ли будущее у российской плодоовощной продукции / Н. Ю. Степанова, В. И. Марченко, А. Н. Богатырев // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2014. – № 35. – С. 26–31.
15. Научные основы здорового питания / под ред. В. А. Тутельяна. – М. : Панорама, 2010. – 816 с.
16. Яковлева, Н. Б. Химическая природа нужных для жизни витаминов / Н. Б. Яковлева. – М. : Просвещение, 2006. – 120 с.
17. Яремко Е. Р. Ликопин как фактор алиментарной профилактики неинфекционных заболеваний [Электронный ресурс] / Е. Р. Яремко // Студенты и молодые ученые Белорусского государственного медицинского университета – медицинской науке и здравоохранению Республики Беларусь : сборник научных трудов студентов и молодых ученых. – Минск, 2015. – С. 314–317.
18. Ninet, L. Carotenoids / L. Ninet, J. Renaut // Microbial Technology / H. J. Pepler, D. Perlman eds. – 2nd ed. – New York : Academic Press. – Vol. 1. – P. 529–544.
19. Lycopene inhibits DNA damage and liver necrosis in rats treated with ferric nitrilotriacetate / H. R. Matos [et al.] // Archives of Biochemistry and Biophysics. – 2001. – Vol. 396 (2). – P. 171–177. <https://doi.org/10.1006/abbi.2001.2611>.
20. Intake of carotenoids and retinol in relation to risk of prostate cancer / E. Giovannucci [et al.] // Journal of the National Cancer Institute. – 1995. – Vol. 87 (23). – P. 1767–1776.
21. Stahl, W. Lycopene: a biologically important carotenoid for humans? / W. Stahl, H. Sies // Archives of Biochemistry and Biophysics. – 1996. – Vol. 336 (1). – P. 1–9. <https://doi.org/10.1006/abbi.1996.0525>.
22. Clinton, S. K. Lycopene: chemistry, biology, and implications for human health and disease / S. K. Clinton // Nutrition Reviews. – 1998. – Vol. 56 (2). – P. 35–51. <https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.1998.tb01691.x>.
23. Goñi, I. Bioaccessibility of beta-carotene, lutein, and lycopene from fruits and vegetables / I. Goñi, J. Serrano, F. Saura-Calixto // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2006. – Vol. 54 (15). – P. 5382–5387. <https://doi.org/10.1021/jf0609835>.
24. Limited antioxidant effect after consumption of a single dose of tomato sauce by young males, despite a rise in plasma lycopene / C. Y. Lee [et al.] // Free Radical Research. – 2009. – Vol. 43 (6). – P. 622–628. <https://doi.org/10.1080/10715760902942816>.

## References

1. Bazdyrev G.I., Safonov A.F., Myakin'kov A.G. *Agrobiologicheskiye osnovy proizvodstva, khraneniya i pererabotki produktsii rasteniyevodstva* [Agrobiological basics of plant product production, storage and processing]. Moscow: Infra-M Publ., 2018. 736 p.
2. Borisova L.M., Belokurova E.S., Pankina I.A. Tomatnyy sok – kak istochnik makro- i mikonutriyentov [Tomato juice – as a source macronutrient and micronutrient]. *Tekhnologiya i tovarovedeniye innovatsionnykh pishchevykh produktov* [Technology and the Study of Merchandise of Innovative Foodstuffs], 2013, no. 3(20), pp. 46–52.

3. Vytovtov A.A. *Sredstva kontrolya kachestva syr'ya, polufabrikatov i gotovoy produktsii pishchevykh proizvodstv* [Means of raw materials, semi-finished products and final products quality control in food industry]. St.Petersburg: Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University Publ., 2016. Available at: <http://elib.spbstu.ru/dl/2/s16-213.pdf> (accessed 25 March 2018). <https://doi.org/10.18720/SPBPU/2/s16-213>.
4. Gadzhiiyeva A.M. *Teoreticheskoye obosnovaniye i razrabotka innovatsionnykh tekhnologiy proizvodstva tomatoproductov* [Theoretical justification and development of innovative technologies in tomato products production]. Makhachkala: DGTU Publ., 2014. 137 p.
5. *GOST R 54058-2010. Produkty pishchevyye funktsional'nyye. Metod opredeleniya karotinoidov* [State Standard R 54058-2010. Functional food stuffs. Method for determination of carotenoids]. Moscow, Standartinform Publ., 2011. 11 p.
6. Rodrigues S., Fernandes F.A.N. eds. *Advances in fruit processing technologies*. Boca Raton: CRC Press, 2012. 472 p. (Russ. ed.: Bazarnova Y.G. *Innovatsionnyye tekhnologii pererabotki plodoovoshchnoy produktsii*. St.Petersburg, Professiya Publ., 2014. 456 p.).
7. Kondratieva I.Y., Golubkina N.A. Likopin i  $\beta$ -karotin tomata [Licopen and  $\beta$ -carotene in tomato]. *Ovoshchi Rossii* [Vegetable Crops of Russia], no. 4(33), 2016, pp. 80–83. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2016-4-80-83>.
8. Kuregyan A.G. Spektrofotometriya v analize karotinoidov [The spectrophotometry in analysis of carotenoids]. *Fundamental'nyye issledovaniya* [Fundamental Research], 2015, iss. 2 (part 23), pp. 5166–5172. Available at: <http://www.fundamental-research.ru/ru/article/view?id=38175> (accessed 25 March 2018).
9. Machulkina V.A., Sannikova T.A., Avdeev Y.I. Sort i kachestvo pererabotannoy produktsii iz tomatov [Variety and quality of processed products from tomatoes]. *Seleksiya, semenovodstvo i tekhnologii vyrashchivaniya ovoshchnykh, bakhchevykh, tekhnicheskikh i kormovykh kul'tur* [Selection, seed production and technology for growing vegetables, cucurbits, industrial and forage crops], 2014, no. 1, pp. 150–156.
10. *Postanovleniye Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii ot 14.07.2012 goda № 717 «Gosudarstvennaya programma razvitiya sel'skogo khozyaystva i regulirovaniye rynkov sel'skokhozyaystvennoy produktsii, syr'ya i prodovol'stviya na 2013–2020 gody»* [Russian Federation Government Executive Order “State program aimed at developing agriculture and regulation of agricultural products, raw materials and foodstuff markets in 2013–2020”]. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/902361843> (accessed 23 July 2018).
11. *Rasporyazheniye Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii ot 25.10.2010 goda № 1873-r «Osnovy gosudarstvennoy politiki Rossiyskoy Federatsii v oblasti zdorovogo pitaniya naseleniya na period do 2020 goda»* [Instruction of the Government of the Russian Federation “Russian Federation policies in the sphere of population healthy diet up to 2020”].
12. Dawson R.M.C., Elliott D.C., Elliott W.H., Jones K.M. eds. *Data for biochemical research*. Oxford: Clarendon Press, 1986. 592 p. (Russ. ed.: Druitsa V.L., Koroleva O.N. *Spravochnik biokhimiya*. Moscow, Mir Publ., 1991. 544 p.).
13. Stepanova N.Y., Marchenko V.I., Bogatyryov A.N. *Biokhicheskiye osnovy pererabotki i khraneniya syr'ya rastitel'nogo proiskhozhdeniya* [Biochemical basics of plant raw material processing and storage]. St.Petersburg: GIORP Publ., 2017. 312 p.
14. Stepanova N.Y., Marchenko V.I., Bogatyryov A.N. Est' li budushcheye u rossiyskoy plodoovoshchnoy produktsii [Does fruit and vegetable production have any future in Russia?]. *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Proceedings of the Saint-Petersburg State Agrarian University], 2014, no. 35, pp. 26–31.
15. Tutel'yan V.A. ed. *Nauchnyye osnovy zdorovogo pitaniya* [Scientific basics of a healthy diet]. Moscow: Panorama Publ., 2010. 816 p.
16. Yakovleva N.B. *Khimicheskaya priroda nuzhnykh dlya zhizni vitaminov* [Chemical nature of vitamins necessary for life]. Moscow: Prosveshcheniye Publ., 2006. 120 p.
17. Yaremko E.R. Likopin kak faktor alimentarnoy profilaktiki neinfektsionnykh zabolevaniy [Lycopene as a factor of nutritional prevention of non-communicable diseases]. *Sbornik nauchnykh trudov studentov i molodykh uchenykh “Studenty i molodyye uchenyye Belorusskogo gosudarstvennogo meditsinskogo universiteta – meditsinskoy nauke i zdravookhraneniyyu Respubliki Belarus”* [Students and young scientists' collected papers “Students and young scientists of Belarusian state medical university for the benefit of medicine and health care system of the Republic of Belarus”]. Minsk, 2015, pp. 314–317.
18. Ninet L., Renaut J. Carotenoids. In: *Pepler H.J., Perlman D. (eds) Microbial Technology, 2nd ed., volume 1*. New York: Academic Press, pp. 529–544.
19. Matos H.R., Capelozzi V.L., Gomes O.F., Di Mascio P., Medeiros M.H.G. Lycopene inhibits DNA damage and liver necrosis in rats treated with ferric nitrilotriacetate. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 2001, vol. 396(2), pp. 171–177. DOI: 10.1006/abbi.2001.2611.
20. Giovannucci E., Ascherio A., Rimm E.B. Intake of carotenoids and retinol in relation to risk of prostate cancer. *Journal of the National Cancer Institute*, 1995, vol. 87(23), pp. 1767–1776.
21. Stahl W., Sies H. Lycopene: a biologically important carotenoid for humans? *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 1996, vol. 336(1), pp. 1–9. <https://doi.org/10.1006/abbi.1996.0525>.
22. Clinton S.K. Lycopene: chemistry, biology, and implications for human health and disease. *Nutrition Reviews*, 1998, vol. 56(2), pp. 35–51. <https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.1998.tb01691.x>
23. Goñi I., Serrano J., Saura-Calixto F. Bioaccessibility of beta-carotene, lutein, and lycopene from fruits and vegetables. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2006, vol. 54(15), pp. 5382–5387. <https://doi.org/10.1021/jf0609835>.
24. Lee C.Y., Isaac H.B., Huang S.H., et al. Limited antioxidant effect after consumption of a single dose of tomato sauce by young males, despite a rise in plasma lycopene. *Free Radical Research*, 2009, vol. 43(6), pp. 622–628. <https://doi.org/10.1080/10715760902942816>.

**Белокурова Елена Сергеевна**

канд. техн. наук, доцент Высшей школы биотехнологии и пищевых технологий, ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», 195251, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29, e-mail: oldseadog@inbox.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-3102-7313>

**Панкина Илона Анатольевна**

канд. техн. наук, доцент Высшей школы биотехнологии и пищевых технологий, ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», 195251, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29

 <https://orcid.org/0000-0002-5981-2076>

**Elena S. Belokurova**

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Graduate School of Biotechnology and Food Science, Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University, 29, Polytechnicheskaya Str., Saint Petersburg, 195251, Russia, e-mail: oldseadog@inbox.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-3102-7313>

**Iona A. Pankina**

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Graduate School of Biotechnology and Food Science, Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University, 29, Polytechnicheskaya Str., Saint Petersburg, 195251, Russia

 <https://orcid.org/0000-0002-5981-2076>



<https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-2-170-177>  
УДК 633.491

## ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ КАЧЕСТВО КАРТОФЕЛЯ ПРИ БИОЛОГИЗАЦИИ ВЫСОКОИНТЕНСИВНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ЕГО ВОЗДЕЛЫВАНИЯ И ПОЛИВЕ

А. В. Бутов<sup>1</sup> , А. А. Мандрова<sup>2,\*</sup> 

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Елецкий государственный университет им. И. А. Бунина»,  
399770, Россия, Липецкая обл., г. Елец, ул. Коммунаров, 28

<sup>2</sup>Совет депутатов городского округа  
г. Елец Липецкой обл.,  
399740, Россия, Липецкая обл., г. Елец, ул. Октябрьская, 127

Дата поступления в редакцию: 20.04.2018  
Дата принятия в печать: 22.06.2018

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



© А. В. Бутов, А. А. Мандрова, 2018

**Аннотация.** В черноземной лесостепи в 2014–2016 гг., в условиях высокоинтенсивной технологии возделывания картофеля на фоне капельного полива, изучены биологические способы удобрения и защиты растений с целью снижения накопления токсичных веществ в клубнях. Во введении представлено значение картофеля в питании населения и экологические проблемы, возникающие вследствие усиленной химизации при возделывании культуры. Дозы минеральных удобрений в опытах раздельно и в сочетании с биомелиорантом: 1) без удобрений (контроль); 2)  $N_{60}P_{90}K_{60}$ ; 3)  $N_{90}P_{135}K_{90}$ ; 4)  $N_{120}P_{180}K_{120}$ ; 5) биологический мелиорант – белая горчица, пожнивной сидерат; 6) биомелиорант +  $N_{60}P_{90}K_{60}$ ; 7) биомелиорант +  $N_{90}P_{135}K_{90}$ ; 8) биомелиорант +  $N_{120}P_{180}K_{120}$ . Против колорадского жука использовали химический инсектицид Актара и биологические препараты Фитоверм, Акарин. Для протравливания семенных клубней от грибных болезней использовали инсектофунгицид Селест. В период вегетации также от грибных болезней применяли фунгициды Профит Голд, Ридомил Голд; от сорняков – Зенкор и Римус. Высокий, экологически безопасный по нитратам урожай картофеля получен при совместном внесении  $N_{90}P_{135}K_{90}$  и зеленой массы белой горчицы. Урожай клубней составил 40,4 т/га против 22,7 т/га на контроле и содержании нитратов 111,3 мг при ПДК 250 мг/кг. Для детского и диетического питания, с учетом установленных в РФ ПДК, доза удобрений не должна превышать  $N_{60}P_{90}K_{60}$  в сочетании с биомелиорантом и биологизированной системой защиты растений. Срок ожидания (от обработки растений до уборки урожая) по химическим инсектицидам – 35–40 дней; фунгицидам – 20 дней; гербицидам, в зависимости от вида, – 55–70 дней. Получение экологически чистого картофеля по стандартам ЕС достигалось только при использовании в качестве удобрения сидеральной зеленой массы, применении биологических инсектицидов и препарата Селест в системе защиты растений от вредителя и болезней.

**Ключевые слова.** Картофель, биологические приемы, полив, пестициды, нитраты, экологически безопасная продукция

**Для цитирования:** Бутов, А. В. Экологическое качество картофеля при биологизации высокоинтенсивной технологии его возделывания и поливе / А. В. Бутов, А. А. Мандрова // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 2. С. 170–177. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-2-170-177>.

## POTATO ECOLOGICAL QUALITY IN THE BIOLOGIZATION OF HIGH-INTENSITY TECHNOLOGIES OF ITS CULTIVATION AND IRRIGATION

A.V. Butov<sup>1</sup> , A.A. Mandrova<sup>2,\*</sup> 

<sup>1</sup>Bunin Yelets State University,  
28, Communarov Str., Yelets, Lipetsk region, 399770, Russia

<sup>2</sup>The District Deputy Counsel of Yelets city, Lipetsk Region,  
127, Oktyabrskaya Str., Yelets, Lipetsk region, 399740, Russia

Received: 20.04.2018  
Accepted: 22.06.2018

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



© A.V. Butov, A.A. Mandrova, 2018

**Abstract.** To reduce the accumulation of toxic substances in tubers in 2014–2016 the author studied biological methods of fertilizers application and plant protection in black earth forest-steppe region under the conditions of high-intensity potato cultivation technology along with drip irrigation. The introduction describes the importance of potato in the diet of population and lists the environmental issues that arise as a result of enhanced using of chemicals during crop cultivation. The doses of mineral fertilizers in experiments were introduced separately and in combination with a bioameliorant: 1) without fertilizers (control site); 2)  $N_{60}P_{90}K_{60}$ ; 3)  $N_{90}P_{135}K_{90}$ ; 4)  $N_{120}P_{180}K_{120}$ ; 5) biological ameliorant – white mustard, post-harvest green manure; 6) bioameliorant +  $N_{60}P_{90}K_{60}$ ; 7) bioameliorant +  $N_{90}P_{135}K_{90}$ ; 8) bioameliorant +  $N_{120}P_{180}K_{120}$ . Chemical insecticide Aktara and biological preparations Fitoverm, Akarin were used to

protect potatoes against Colorado potato beetles. Insecto-fungicide Celest was used to treat seed tubers against fungal diseases. During growing season the author used fungicides Profit Gold, Ridomil Gold against fungal diseases, against weeds – Zenkor and Remus. High yield of potato environmentally friendly considering nitrates was obtained by means of simultaneous application of  $N_{90}P_{135}K_{90}$  and white mustard green mass. Tuber yield was 40.4 tonnes per hectare compared to 22.7 tonnes per hectare on the control site, and nitrate content was 111.3 mg while maximum permissible concentration (MPC) is 250 mg/kg. According to MPC established in the Russian Federation, for children's and dietary nutrition fertilizer dose should not exceed  $N_{60}P_{90}K_{60}$  in combination with a bioameliorant and a biological plant protection system. Safety interval (period between plant treatment and harvesting) for chemical insecticides is 35–40 days; fungicides – 20 days; herbicides (depending on their type) – 55–70 days. The production of ecologically clean potato according to EU standards was achieved only by means of using post-harvest green manure as a fertilizer, applying biological insecticides and Celest preparation within the framework of protecting plants against pests and diseases.

**Keywords.** Potato, biological methods, irrigation, pesticides, nitrates, ecologically safe products

**For citation:** Butov A.V., Mandrova A.A. Potato ecological quality in the biologization of high-intensity technologies of its cultivation and irrigation. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2018, vol. 48, no. 2, pp. 170–177 (In Russ.). <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-2-170-177>.

### Введение

Картофель в Российской Федерации является важнейшей продовольственной культурой. Входя в ежедневный пищевой рацион большинства населения, картофель «не приедается» даже при длительном его употреблении. Продовольственная безопасность и стабильность страны может значительно зависеть от состояния отрасли картофелеводства в целом. В стремлении получать высокие урожаи клубней и наибольшую прибыль, сельскохозяйственные производители мало заботятся об экологической безопасности полученной продукции. Крупные агрофирмы в Центрально-Черноземном районе (ЦЧР) РФ для получения наибольших урожаев картофеля применяют современную высокоинтенсивную (или интенсивную) технологию в сочетании с капельным или обычным поливом. Современная технология возделывания картофеля в сочетании с капельным поливом рассчитана на достижение продуктивности культуры, близкой к ее биологическому потенциалу. Это осуществляется с помощью современных достижений научно-технического прогресса. При этом используют высокие, часто несбалансированные дозы минеральных удобрений и интенсивную систему защиты растений химическими пестицидами. Усиленная химизация отрасли ведет к значительному накоплению вредных веществ в клубнях картофеля, ухудшению экологического качества клубней и отрицательному воздействию такой продукции на жизнедеятельность и здоровье человека [5, 19].

Цель нашей работы заключается в разработке биологических приемов удобрения (сидеральное (зеленое) удобрение, биологические инсектициды) и защиты растений картофеля при возделывании его по высокоинтенсивной технологии в сочетании с капельным поливом, позволяющих значительно снизить накопление вредных веществ в клубнях и получить экологически безопасную продукцию.

### Литературный обзор

Высокие темпы химизации при возделывании картофеля по высокоинтенсивной технологии в сочетании с капельным поливом приводят к значительному росту накопления в продукции картофеля нитратов, токсичных химических

пестицидов, нередко превышающих предельно допустимые концентрации (ПДК) [2, 8, 16].

Большинство исследователей называют главным фактором, ухудшающим экологическое качество продовольственного картофеля, наличие в клубнях остаточных количеств химических пестицидов, нитратов [5, 8, 14]. Многие тяжелые заболевания возникают у населения из-за избытка в продукции растениеводства, том числе картофеля, токсических, вредных веществ [17, 19, 21, 23]. Длительное, кумулятивное поступление в организм человека с продуктами питания повышенных количеств пестицидов, нитратов (свыше ПДК) постепенно разрушает здоровье людей, вызывая тяжелые заболевания, в том числе канцерогенного характера [7, 18]. Попав в кровяное русло, вредные вещества воздействуют на организм человека многогранно, неспецифично, с различными последствиями вплоть до его генеративных свойств. При этом появляющиеся различные заболевания распознаются с трудом [1, 5]. Среди категорий населения наибольшую уязвимость к повышенным концентрациям вредных веществ в продукции растениеводства имеют дети и взрослые, подверженные хроническим заболеваниям [6, 12]. Необходимо принимать безотлагательные меры по поставкам экологически чистых продуктов питания для детей, так как неуклонно ухудшающееся здоровье подрастающего поколения может отразиться на национальной безопасности страны [19]. Продовольственный картофель для детского питания должен быть экологически чистым, в нем должны полностью отсутствовать химические пестициды, а содержание нитратов не должно превышать 3 мг% [3]. Химические пестициды в сельскохозяйственном производстве стали использоваться в начале 20 века. К середине прошлого столетия обработки пестицидами в сельском хозяйстве стали повсеместными. Для обработки посевов растений массово стала применяться авиация. Сейчас сельскохозяйственное производство немислимо без использования пестицидов, их применение достигло небывалых масштабов [16, 17]. Химические средства защиты обеспечивают быстрый рост растений и улучшают их товарный вид. В то же время пестицид – это яд, оказывающий отравляющее влияние на организм человека и теплокровных животных. Попадая в организм

человека с пищей и водой даже в небольших количествах, пестициды накапливаются в различных его органах и не выводятся. Это впоследствии приводит к необратимым изменениям в состоянии здоровья людей [6, 9]. Дети нуждаются в особой защите от вредных веществ, содержащихся в продуктах питания, питьевой воде, так как организм ребенка особенно сильно восприимчив к воздействию отравляющих компонентов [6]. В связи с этим целесообразно использовать биологические приемы защиты растений от вредителей вместо химических инсектицидов – наиболее токсичной группы пестицидов [22].

Значительную опасность для здоровья людей и животных представляют нитраты ( $\text{NO}_3$ ). В желудочно-кишечном тракте теплокровных и человека из нитратов под действием некоторых кишечных бактерий образуются нитриты. Нитриты ( $\text{NO}_2$ ), а также вторичные амины и нитрозамины очень токсичны. Они блокируют гемоглобин крови, нарушая основную его функцию – перенос кислорода клеткам организма. При участии нитратов в крови вместо гемоглобина образуется метгемоглобин, что особенно опасно для детей. Из-за нитратных отравлений возникают канцерогенные, мутагенные и эмбриотропные заболевания у людей и животных [7, 8, 24]. Минеральные удобрения (азотная их часть), вносимые под картофель, являются наибольшим активно действующим фактором, повышающим накопление нитратов в клубнях картофеля. Особенно опасны высокие и несбалансированные дозы минеральных удобрений [8, 20]. Необходимы альтернативные источники питательных веществ в земледелии, с целью снижения доз минеральных удобрений, вносимых под картофель [9, 21, 22].

#### Объекты и методы исследования

Полевые опыты по теме исследований проводили в 2014–2016 гг. в ЗАО «Агрофирма-Анненское» (Воронежская область). Почва – выщелоченный чернозем, по механическому (гранулометрическому) составу – средний суглинок. Окультуренность почвы средняя, подпочвенный горизонт – лёссовидные глины. Реакция почвенного раствора – слабокислая (рН солевой вытяжки – 6,1). Содержание питательных макроэлементов (азота, фосфора и калия) среднее, степень насыщенности основаниями высокая (88,7%). Содержание гумуса (по Тюрину) в пахотном слое 0–30 см повышенное – 7,6%. Для капельного орошения использовали воду из искусственного водоема, который находится на достаточном, установленном санитарными нормами расстоянии от возделываемого картофеля [16]. Площадь зеркала поверхности воды водного источника 4,8 га, общий объем воды в нем для капельного полива составлял около 142 тыс. м<sup>3</sup>.

Опыты закладывали в общем массиве орошаемого картофеля. Сорт картофеля – среднеранний, Удача. Площадь опытной делянки – 54 м<sup>2</sup>, повторность вариантов – четырехкратная. Густота посадки клубней в опытах составляла

54–55 тыс. на 1 га (4 клубня на 1 метре погонном) при междурядьях картофеля – 75 см (схема посадки 25 x 75). Предшественник картофеля – озимая пшеница. Минеральные удобрения вносили весной, вручную, после разбивки опытов в соответствии со схемой исследований. При наступлении физической спелости почвы проводили фрезерную предпосадочную обработку на глубину 16–18 см. Посадку картофеля на глубину 6–8 см (с последующим наращиванием гребней фрезерным междурядным культиватором) в годы проведения опытов осуществляли в зависимости от погодных условий в период с 12 по 14 мая. На вариантах с биологической мелиорацией на зеленое удобрение высевали белую горчицу пожнивно после озимой пшеницы. Обработку почвы под посев сидерата проводили сразу после уборки озимых в конце июля – начале августа, различными способами в зависимости от сложившихся погодных условий. Чаще это было двукратное дискование почвы тяжелой бороной на глубину 10 см. Перед посевом и после посева почву прикатывали. Глубина посева – 2–3 см. Запашку (заделку) сформировавшейся зеленой массы проводили во второй декаде октября.

В опытах при возделывании картофеля применяли высокоинтенсивную голландскую технологию и сельскохозяйственную технику, произведенную в Германии. С помощью капельного полива в период вегетации культуры влажность почвы под растениями поддерживали на уровне 72–75% от предельной полевой влагоемкости (ППВ). Определенная нами ППВ на опытном участке составила 32,7%, влажность устойчивого завядания – 13,7%.

В полевых опытах в условиях агрофирмы изучали следующие препараты от колорадского жука: химический инсектицид Актара ВДГ (Тиаметоксам, 250 г/кг), норма расхода Актары – 60 г/га; Селест Топ, КС (0,4 л/т) – комбинированный инсектофунгицидный протравитель семенных клубней картофеля; биологические препараты – Фитоверм, КЭ (Аверсектин С, 2 г/л); Акарин, КЭ (Авертин-N, 2 г/л). Из фунгицидов (от болезни) применяли Профит Голд и Ридомил Голд; из гербицидов (от сорняков) использовали Римус и Зенкор [15].

Схема вариантов в первом полевом опыте с различными удобрениями при капельном поливе: 1) без удобрений; 2)  $\text{N}_{60}\text{P}_{90}\text{K}_{60}$ ; 3)  $\text{N}_{90}\text{P}_{135}\text{K}_{90}$ ; 4)  $\text{N}_{120}\text{P}_{180}\text{K}_{120}$ ; 5) биологический мелиорант – белая горчица, пожнивной сидерат; 6) биомелиорант +  $\text{N}_{60}\text{P}_{90}\text{K}_{60}$ ; 7) биомелиорант +  $\text{N}_{90}\text{P}_{135}\text{K}_{90}$ ; 8) биомелиорант +  $\text{N}_{120}\text{P}_{180}\text{K}_{120}$ .

Варианты исследований во втором опыте с биологическими и химическими препаратами защиты растений картофеля от колорадского жука следующие. Первый вариант: без обработок, контроль; 2) Фитоверм, биологический инсектицид, две обработки за вегетацию в период появления личинок 1-го и 2-го возрастов (фазы бутонизации и цветения); 3) Акарин, биологический инсектицид, две обработки за вегетацию; 4) Селест, комбинированный инсектофунгицид, обработка клубней в сажалке при посадке; 5) Селест,

обработка клубней + одна истребительная обработка Актарой в период вегетации; 6) Актара, химический инсектицид – три обработки (обычная защита, применяемая в агрофирме от вредителя). Фон минеральных удобрений –  $N_{90}P_{135}K_{90}$ . Опрыскивание вегетирующих растений в соответствии с вариантами опыта осуществляли с помощью ранцевого опрыскивателя.

Концентрацию пестицидов в клубнях картофеля определяли в технолого-аналитической лаборатории филиала ФГБУ «Россельхознадзор по Липецкой области» инверсионно-вольтамперометрическим методом (ГОСТ Р 51301–99). Нитраты определяли в агрохимической лаборатории сельскохозяйственного факультета ЕГУ им. И. А. Бунина по методике [10] с помощью прибора рН-метр/иономер «Эксперт-001» анализатор жидкости.

Математическую обработку данных по урожаю и содержанию нитратов проводили методом дисперсионного анализа по [4].

### Результаты и их обсуждение

Почвенно-климатические условия Центрально-Черноземного района РФ благоприятны для возделывания в качестве промежуточной культуры горчицы белой (*Sinapis alba*). В наших опытах эта быстрорастущая пожнивная культура в летне-осенний период до наступления устойчивых холодов формирует 13–15 т/га зеленой массы. Запашка зеленой массы пожнивного сидерата повышала урожайность картофеля при капельном его орошении в среднем за 3 года на 4,1 т/га (табл. 1, вариант 5).

Расчет энергетической эффективности применения пожнивного зеленого удобрения показал, что биомелиорант снижает затраты энергии на получение 1 центнера продукции в среднем на 61–76 МДж. Установлено, что биоэнергетический коэффициент эффективности от применения зеленого удобрения повышался на 0,16–0,17 единиц.

В агрофирме под картофель в условиях капельного орошения с минеральными удобрениями вносят  $N_{120}P_{180}K_{120}$ . Как следует из табл. 1, такая высокая доза, с одной стороны, способствует получению наибольшего урожая, а с другой – значительно усиливает накопление нитратов в клубнях и увеличивает их заболеваемость. Поэтому для получения эколо-

гически безопасной продукции необходимы альтернативные, органические источники питательных веществ под картофель. По нашим данным, при использовании биологического мелиоранта (белая горчица пожнивно на зеленое удобрение) можно существенно снизить дозу минеральных удобрений для получения равного урожая, но с лучшим экологическим качеством клубней. Так, при совместном использовании биомелиоранта и минеральных удобрений в дозе  $N_{60}P_{90}K_{60}$  получена урожайность клубней, близкая к уровню  $N_{90}P_{135}K_{90}$  – 34,3 против 36,4 т/га. Сочетание биомелиоранта и  $N_{90}P_{135}K_{90}$  обеспечивало получение равного урожая в сравнении с отдельным внесением максимальной дозы удобрений в опытах –  $N_{120}P_{180}K_{120}$ . Урожайность картофеля при этих вариантах составила 40,4 и 40,7 т/га соответственно. При этом содержание нитратов по варианту 6 (биомелиорант +  $N_{90}P_{135}K_{90}$ ) составило 111,3 мг/кг, а на варианте 4 при отдельном внесении  $N_{120}P_{180}K_{120}$  – 173,6 мг/кг.

Наши исследования свидетельствуют, что в условиях высокоинтенсивной технологии и капельного орошения для получения экологически безопасного картофеля при равном урожае дозы минеральных удобрений можно снизить за счет использования пожнивного зеленого удобрения. На выщелоченных черноземах ЦЧР при современной технологии и капельном поливе картофеля дозу  $N_{120}P_{180}K_{120}$  целесообразно снизить до уровня  $N_{90}P_{135}K_{90}$  в сочетании с использованием пожнивного зеленого удобрения. Это позволит при равном урожае получать не только экологически более качественную продукцию, но и снизить затраты на приобретение и внесение минеральных удобрений, а также уменьшить заболеваемость клубней фитофторозом, ризоктониозом, паршой, сухой и мокрой гнилью. При возделывании картофеля, предназначенного для детского питания, в соответствии с требованиями, введенными в странах Европейского союза по содержанию нитратов в клубнях [3, 8], необходимо отказаться от использования минеральных удобрений, заменив их использованием сидерального зеленого удобрения. Такой подход может быть оправдан тем, что для выращивания экологически чистого картофеля для детского питания не потребуются больших площадей посадок культуры.

Таблица 1 – Влияние биологических приемов при капельном поливе на урожайность, содержание нитратов и заболеваемость клубней картофеля, 2014–2016 гг.

Table 1 – Effect of biological methods at drip irrigation on crop yield, nitrate content and potato tuber disease incidence in 2014–2016

Вариант опыта	Урожайность, т/га	Содержание нитратов, мг/кг	Заболеваемость клубней, %
1. Без удобрений	22,7	14,8	4,2
2. $N_{60}P_{90}K_{60}$	30,2	46,1	4,5
3. $N_{90}P_{135}K_{90}$	36,4	105,4	5,6
4. $N_{120}P_{180}K_{120}$	40,7	173,6	7,1
5. Биомелиорант	26,8	20,2	2,2
6. Биомелиорант + $N_{60}P_{90}K_{60}$	34,3	51,8	3,1
7. Биомелиорант + $N_{90}P_{135}K_{90}$	40,4	111,3	4,6
8. Биомелиорант + $N_{120}P_{180}K_{120}$	44,3	182,1	5,7
НСР <sub>05</sub> (среднее)	1,8	12,1	–

Таблица 2 – Урожайность и остаточное количество инсектицида в клубнях картофеля при использовании биологических и химических средств защиты растений. 2014–2016 гг., фон – N<sub>90</sub>P<sub>135</sub>K<sub>90</sub> + капельный поливTable 2 – Crop yield and residual amount of insecticide in potato tuber when using means of biological and chemical plant protection, 2014–2016, simultaneous use of N<sub>90</sub>P<sub>135</sub>K<sub>90</sub> + drip irrigation

Вариант	Урожай, т/га	Остаточное количество тиаметоксама после заключительной обработки (Актарой) по срокам определения, мг/кг. ПДК = 0,05 мг/кг					
		через 10 дней	через 20 дней	через 25 дней	через 30 дней	через 35 дней	через 40 дней
1. Без обработки	11,3	не обн.	–	–	–	–	–
2. Фитоверм	28,4	не обн.	–	–	–	–	–
3. Акарин	25,3	не обн.	–	–	–	–	–
4. Селест	30,7	10 июля 0,0054	20 июля 0,0007	30 июля не обн.	–	–	–
5. Селест + одна обработка актарой	37,2	0,065	0,018	0,0049	0,0011	не обн.	не обн.
6. Актара, три обработки	35,5	0,071	0,024	0,0067	0,0023	0,0005	не обн.
НСР <sub>05</sub>	1,9						

Как видно из результатов исследований, приведенных в табл. 1, минеральные удобрения при различных дозах, отдельно и совместно с биомелиорантом, в условиях высокоинтенсивной технологии и капельного орошения оказали существенное влияние на урожайность, содержание нитратов и заболеваемость клубней. В среднем за 3 года при внесении N<sub>60</sub>P<sub>90</sub>K<sub>60</sub> урожай составил 30,2 т/га; N<sub>90</sub>P<sub>135</sub>K<sub>90</sub> – 36,4 т/га; N<sub>120</sub>P<sub>180</sub>K<sub>120</sub> – 40,7 т/га против 22,7 т/га в контрольном варианте без удобрений.

Одновременно с ростом урожая, при увеличении доз минеральных удобрений усиливается накопление нитратов в клубнях. Так, в контрольном варианте (без удобрений) в среднем за 3 года их содержание составило 14,8 мг/кг. При умеренной дозе минеральных удобрений N<sub>60</sub>P<sub>90</sub>K<sub>60</sub> оно увеличивалось незначительно – до 46,1 мг/кг. Внесение повышенной дозы – N<sub>90</sub>P<sub>135</sub>K<sub>90</sub> увеличило содержание нитратов до уровня 105,4 мг/кг. В соответствии с установленными ПДК (250 мг/кг) это на порядок ниже допустимых концентраций в клубнях картофеля, предназначенного для питания взрослого населения. Дальнейшее увеличение доз полного минерального удобрения до уровня N<sub>120</sub>P<sub>180</sub>K<sub>120</sub> привело к более значительному накоплению нитратов в клубнях. Их содержание при этом варианте составило 173,6 мг/кг.

Биологическая мелиорация (вариант 5) способствовала получению экологически чистого картофеля с минимальным, на уровне контроля без удобрений, содержанием нитратов. При использовании зеленого удобрения в сочетании с различными дозами минеральных удобрений имелась тенденция к повышению (на 5,7–8,5 мг) накопления нитратов. Однако это было в пределах ошибки опыта.

В России утверждены ПДК нитратов в картофеле для детских и лечебных учреждений до 80 мг/кг сырых клубней, для взрослых людей – 250 мг/кг [11, 13]. В соответствии с требованиями Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) максимальная неопасная суточная доза нитратов для человека при систематическом поступлении их

в организм составляет 3,65 мг нитратов на 1 кг массы тела [6, 7].

В развитых странах Западной Европы предельно допустимые концентрации нитратов в картофеле для детского питания установлены в пределах 3 мг% (30 мг/кг) [3].

Биологический мелиорант (белая горчица на зеленое удобрение) как промежуточный предшественник картофеля оказал заметное влияние на снижение уровня заболеваемости клубней. Трехлетние данные опытов показывают, что при варианте 5 с заправкой зеленой массы белой горчицы в сравнении с контролем без удобрений наблюдалось снижение числа клубней, пораженных грибными и бактериальными болезнями почти в 2 раза (1,9). Белая горчица как зеленое удобрение повышает общий фитопотенциал почвы, становится важной энергетической пищей для микроорганизмов, которые не только дают для картофеля усвояемые продукты метаболизма, но и создают в почве своеобразный «защитный оздоравливающий пояс» для клубней нового урожая.

Остаточное количество химического инсектицида Актара (тиаметоксама) в анализируемых образцах клубней значительно зависело от количества обработок и сроков определения (табл. 2).

Так, при варианте 6 за вегетацию применялись три обработки посадок картофеля Актарой от колорадского жука, аналогично системе защиты растений от вредителя в агрофирме, где мы и проводили опыты. Через 10 дней после последней обработки Актарой в варианте 6 количество тиаметоксама (д. в. в Актаре) в клубнях составило 0,071 мг/кг, что на 42 % больше ПДК (0,05 мг/кг). Через 20 дней оно уменьшилось почти в 3 раза и составило 0,024 мг/кг при допустимом уровне 0,05 мг/кг. После 25 дней содержание Актары снизилось до 0,0067 мг/кг; через 30 суток – 0,0023 мг/кг; через 35 суток выявились только «следы» – 0,0005 мг/кг. В более поздних образцах клубней, взятых через 40 дней после обработки, инсектицид не обнаружен. Актара представляет меньшую опасность для человека, чем другие химические инсектициды [17].

Урожайность картофеля находилась в прямой зависимости от применяемых средств, их комбинаций и числа обработок для борьбы с вредителем. Биологические инсектициды Фитоверм и Акарин обеспечивали хорошую защиту растений картофеля от личинок колорадского жука 1-го и 2-го возрастов и способствовали получению хорошего урожая: при двукратной обработке за вегетацию Фитовермом урожайность составила 28,4 т/га, Акарином – 25,3 т/га против 11,3 т/га в контрольном варианте без обработок. При трехразовой обработке Актарой (аналогичной защите от вредителя в агрофирме) получено 35,5 т/га клубней. На вариантах с использованием биологических инсектицидов в борьбе с вредителем в клубнях, соответственно, отсутствовал химический инсектицид, что является важнейшим фактором в проблеме получения экологически чистого картофеля для детского питания. Эффективным оказался в опытах против вредителя и заболевания растений ризоктониозом перспективный комбинированный инсекто-фунгицид Селест. Препарат активно действует с фазы появления всходов растений и до начала цветения.

Инсектицидное и фунгицидное действие Селеста на вредителя и болезни картофеля продолжается в течение 30–35 дней после появления всходов. Селест действует не только против вредителя, но и эффективно подавляет заболевание всходящих растений ризоктониозом, который наносит значительный ущерб урожаю. Обработка этим препаратом семенных клубней в технологическом отношении не сложна и выполняется рабочим раствором непосредственно в сажалке при посадке картофеля. Урожайность картофеля при этом варианте (4) составила 30,7 т/га. Однако для защиты растений от колорадского жука и болезней одной лишь обработки клубней при посадке Селестом на весь вегетационный период не хватает. Необходима еще одна истребительная обработка от вредителя Актарой, а также фунгицидами от болезней. При подобном варианте 5 (Селест + одна обработка Актарой) получена самая высокая урожайность в опыте – 37,2 т/га. Остаточное количество тиаметоксама в молодых образующихся клубнях при варианте 4 с применением Селеста при посадке через 35 дней после всходов на 10 июля составило всего 0,0054 мг/кг. Через 45 дней на 20 июля выявлены только «следы» (0,0007 мг/кг), и на 30 июля (55 дней) препарат не обнаружен. При варианте 5 (Селест + одна обработка Актарой) остаточное количество тиаметоксама через 10 дней после обработки Актарой составляло 0,065 мг/кг, что на 30 % больше установленных ПДК. В образцах клубней, отобранных через 20 дней после обработки химическим инсектицидом от вредителя, содержание тиаметоксама равнялось 0,018; через 25 дней – 0,0049; через 30 дней – 0,0011 мг/кг. Через 35 дней после обработки препарата в клубнях не обнаружено. Из данных следует, что при вариантах 4 и 5 с применением препарата Селест

скадывается более щадящая защита растений, чем при варианте 6 с тремя обработками Актарой. Это дает возможность существенно снизить порог накопления вредных веществ в клубнях и получать экологически безопасную продукцию.

Наши исследования показывают, что при современных технологиях возделывания картофеля использование высоких доз минеральных удобрений, интенсивной химической системы защиты растений от вредителей и болезней не только способствует получению высокого урожая клубней, но и приводит к значительному загрязнению продукции вредными, весьма токсичными веществами. Это очень опасно для здоровья человека, и в особенности для детей. Нами установлено, что при использовании белой горчицы в качестве пожнивного зеленого удобрения и биологических инсектицидов для защиты картофеля от вредителя можно получить равный по уровню, но экологически безопасный урожай клубней.

Начиная с фазы бутонизации, посевы картофеля в опытах обрабатывали от грибных болезней трансламинарным (Профит Голд) и системным (Ридомил Голд) фунгицидами в рекомендуемых дозах. В образцах клубней, отобранных через 5 дней после обработки фунгицидом Профит Голд, обнаружили существенное превышение содержания фунгицида по сравнению с ПДК (0,08 мг/кг против 0,05 мг/кг ПДК). Через 10 и 20 дней после обработки остаточных количеств фунгицидов в клубнях не выявили.

После обработки фунгицидом Ридомил Голд остаточное количество препарата в клубнях картофеля через 5 дней составило 0,018 мг, через 10 дней – 0,002 мг/кг, а через 20 суток фунгицида не обнаружили совсем (ПДК = 0,1 мг/кг).

Для борьбы с сорняками в опытах мы использовали гербициды Римус и Зенкор (1,4 кг/га) применяли против однолетних сорняков: щирицы обыкновенной, мышия сизого, лебеды раскидистой и стреловидной, проса куриного, пикульника обыкновенного, редьки дикой. С многолетними злостными сорняками – осотом полевым и розовым, вьюнком полевым, пыреем ползучим – боролись смесью 50 г/га римуса и 0,3 кг/га зенкора. Римусом, так же отдельно, обрабатывали однолетние сорняки. В клубнях картофеля больше всего сохранялся Римус (д. в. римсульфурон). При обработке посадок от сорняков 10 июня 2014 года гербицидом Римус в дозе 50 г/га содержание его в клубнях через 45 дней на 25 июля составило 0,041 мг/кг. При дальнейших определениях концентрация римсульфурана на 5 августа составляла 0,013 мг/кг; 15 августа – 0,001 мг/кг, и 20 августа (70 дней) его не обнаружили (ПДК = 0,25 мг/кг). Остаточное количество Зенкора (д. в. метрибузин) не содержалось в клубнях через 50–55 дней после обработки в зависимости от дозы и способа применения препарата. Для получения экологически чистого от гербицидов картофеля, предназначенного для детского питания, в производстве культуры можно полностью отказаться

от их применения. Для этого обработки посадок гербицидами можно заменить двумя-тремя междурядными культивациями до всходов на глубину 10–12 см и тремя-четырьмя междурядными рыхлениями с подокучиванием после всходов на глубину 12–14 см. Перед смыканием ботвы необходимо глубокое окучивание растений на глубину не менее 16–18 см [2].

### Выводы

В черноземной лесостепи РФ при современных технологиях возделывания и капельном поливе для получения высокого урожая картофеля, экологически безопасного по содержанию нитратов, для питания взрослого населения следует вносить  $N_{90}P_{135}K_{90}$  в сочетании с запашкой пожнивного сидерата. Для детских и лечебных учреждений доза минеральных удобрений при совместном их применении с биомелиорантом не должна превышать  $N_{60}P_{90}K_{60}$ . Срок ожидания

(от обработки растений до уборки урожая) по химическим инсектицидам – 35–40 дней; фунгицидам – 20 дней; гербицидам, в зависимости от вида и способа применения, – 55–70 дней.

Получение экологически чистого картофеля по строгим стандартам Европейского союза (ЕС) возможно только при использовании в качестве удобрения зеленой массы белой горчицы, применении в системе защиты растений биологических инсектицидов или предпосадочного протравливания клубней препаратом Селест. Также вместо использования гербицидов в вегетационный период для борьбы с сорняками следует проводить междурядные обработки (рыхления с подокучиванием).

*Авторы выражают благодарность генеральному директору ЗАО «Агрофирма-Анненское» за организационную и финансовую поддержку в проведении полевых опытов.*

### Список литературы

1. Баранников, В. Д. Экологическая безопасность сельскохозяйственной продукции / В. Д. Баранников, Н. К. Кириллов. – М. : КолосС, 2005. – 350 с.
2. Бутов, А. В. Ресурсосберегающая технология возделывания картофеля / А. В. Бутов. – Елец : ЕГУ им. И. А. Бунина, 2009. – 447 с.
3. Химия пищевых продуктов / ред.-сост. Ш. Дамодаран, К. Л. Таркин, О. Р. Феннема ; пер. с англ. – СПб. : Профессия, 2012. – 1040 с.
4. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – М. : Книга по Требованию, 2012. – 352 с.
5. Современные удобрения и получение высоких урожаев экологически чистого картофеля на черноземе выщелоченном / А. Н. Есаулко [и др.] // Вестник АПК Ставрополя. – 2013. – № 4 (12). – С. 26–30.
6. Каплин, В. Г. Основы экотоксикологии / В. Г. Каплин. – М. : КолосС, 2007. – 232 с.
7. Коршунов, А. В. Агротехнические и кулинарные способы снижения содержания нитратов в клубнях картофеля / А. В. Коршунов // Картофелеводство: история развития и результаты научных исследований по культуре картофеля : сборник научных трудов. – М., 2015. – С. 74–79.
8. Коршунов, А. В. Управление урожаем и качеством картофеля / А. В. Коршунов. – М. : ВНИИКС, 2001. – 369 с.
9. Логинов, Ю. П. Особенности выращивания экологически чистого картофеля в Северной лесостепной зоне Тюменской области / Ю. П. Логинов, А. А. Казак, Л. И. Якубышина // Вестник ГАУ Северного Зауралья. – 2015. – № 2 (29). – С. 116–125.
10. Практикум по агрохимии / под ред. В. Г. Минеева. – М.: Издательство Московского университета, 2001. – 689 с.
11. ТР ТС 021/2011. О безопасности пищевой продукции. – Утв. Решением Комиссии Таможенного союза от 9 дек. 2011 г. № 880. – СПб. : ГИОРД, 2015. – 176 с.
12. Рогов, И. А. Химия пищи / И. А. Рогов, Л. В. Антипова, Н. И. Дунченко. – М. : КолосС, 2007. – 853 с.
13. СанПиН 2.3.2.1078-01. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.consultant.ru>. – Дата обращения: 15.04.2018.
14. Производство экологически безопасной продукции растениеводства / под ред. М. С. Соколова, Е. П. Угрюмова. – Пушкино : ВНИИБЗР, 1995. – Вып. 1. – 411 с.
15. Справочник пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. – М. : Агрорус, 2014. – 772 с.
16. Филиппова, С. Интегрированная система защиты картофеля от сорняков, болезней и вредителей / С. Филиппова, М. Фадеева, В. Мутиков // Главный агроном. – 2011. – № 4. – С. 33–36.
17. Черников, В. А. Экологически безопасная продукция / В. А. Черников, О. А. Соколов. – М. : КолосС, 2009. – 440 с.

### References

1. Barannikov V.D., Kirillov N.K. *Ekologicheskaya bezopasnost' sel'skokhozyaystvennoy produktsii* [Ecological safety of agricultural products]. Moscow: KolosS Publ., 2005. 350 p.
2. Butov A.V. *Resursosberegayushhaya tekhnologiya vozdeyvaniya kartofelya* [Resource-saving potato cultivation technology]. Yelets: EGU im. I.A. Bunina Publ., 2009. 447 p.

3. Damodaran S.H., Tarkin K.L., Fennema O.R. eds. *Fennema's Food Chemistry*. 4th ed. Boca Raton, CRC Press, Taylor & Francis Group. 1144 p. (Russ. ed.: *Khimiya pishhevykh produktov*. St.Petersburg, Professiya Publ., 2012. 1040 p.)
4. Dospelkov B.A. *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy)* [Field plot technique (with basics of research results statistical processing)]. Moscow: Kniga po Trebovaniyu Publ., 2012. 352 p.
5. Esaulko A.N., Sigoda M.S., Novoselov A.M., et al. *Sovremennyye udobreniya i polucheniye vysokikh urozhayev ekologicheskii chistogo kartofelya na chernozeme vyshchelochennom* [Modern fertilizers and high yields of ecologically clean potato on leached chernozem]. *Vestnik APK Stavropol'ya* [Agricultural Bulletin of Stavropol Region], 2013, no. 4(12), pp. 26–30.
6. Kaplin V.G. *Osnovy ekotoksikologii* [Basics of ecotoxicology]. Moscow: KolosS Publ., 2007. 232 p.
7. Korshunov A.V. *Agrotekhnicheskie i kulinarnye sposoby snizheniya soderzhaniya nitratov v klubnyakh kartofelya* [Agrotechnical and culinary ways of reducing nitrate content in potato tubers]. *Sbornik nauchnykh trudov VNIKKH "Kartofelovodstvo: istoriya razvitiya i rezul'taty nauchnykh issledovaniy po kul'ture kartofelya"* [Collection scientific papers of the Lorch Potato Research Institute "Potato growing: history and results of research devoted to potato crop scientific study"], 2015, pp. 74–79.
8. Korshunov A.V. *Upravleniye urozhayem i kachestvom kartofelya* [Potato yield and quality management]. Moscow: VNIKH Publ., 2001. 369 p.
9. Loginov Yu.P., Kazak A.A., Yakubyshina L.I. *Osobennosti vyrashchivaniya ekologicheskii chistogo kartofelya v Severnoy lesostepnoy zone Tyumenskoy oblasti* [Features of cultivation of organic potatoes in the Northern forest-steppe zone of the Tyumen region]. *Vestnik GAU Severnogo Zaural'ya* [Vestnik of State Agrarian University of Northern Zauralye], 2015, no. 2(29), pp. 116–125.
10. Mineev V.G. ed. *Praktikum po agrokhimii* [Practical course in agricultural chemistry]. Moscow: Izdatelstvo Moskovskogo universiteta Publ., 2001. 689 p.
11. *TR TS 021/2011. O bezopasnosti pishchevoy produktsii* [Technical Regulations of the Customs Union 021/2011. On Food Safety]. Moscow, Standartinform Publ., 2011.
12. Rogov I.A., Antipova L.V., Dunchenko N.I. *Khimiya pishhi* [Food Chemistry]. Moscow: KolosS Publ., 2007. 853 p.
13. *SanPiN 2.3.2.1078-01. Gigienicheskie trebovaniya bezopasnosti i pishchevoy tsennosti pishchevykh produktov* [Hygienic requirements for safety and nutritional value of food products]. Available at: <http://www.consultant.ru>. (accessed 16 September 2017).
14. Sokolov M.S., Ugryumov E.P. eds. *Proizvodstvo ekologicheskii bezopasnoy produktsii rasteniyevodstva* [Production of ecologically safe plant products]. Pushhino: VNIIBZR Publ., 1995, iss. 1. 411 p.
15. *Spravochnik pestitsidov i agrokhimikatov, razreshennykh k primeneniyu na territorii Rossiyskoy Federatsii* [Reference book on pesticides and agrochemicals approved for use on the territory of the Russian Federation]. Moscow: Agrorus Publ., 2014. 772 p.
16. Filippova S., Fadeeva M., Mutikov V. *Integrirovannaya sistema zashchity kartofelya ot sornyakov, bolezney i vrediteley* [Integrated system for protection of potato against weeds, diseases and pests]. *Glavnyy agronom* [Chief agronomist], 2011, no 4, pp. 33–36.
17. Chernikov V.A., Sokolov O.A. *Ekologicheskii bezopasnaya produktsiya* [Ecologically safe products]. Moscow: KolosS Publ., 2009. 440 p.

**Бутов Алексей Владимирович**

д-р с.-х. наук, профессор кафедры технологии хранения и переработки сельскохозяйственной продукции, ФГБОУ ВО «Елецкий государственный университет им. И. А. Бунина», 399770, Россия, Липецкая обл., г. Елец, ул. Коммунаров, 28, e-mail: butov.a.v@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-1861-2892>

**Мандрова Анна Алексеевна**

главный специалист-эксперт по экономике и финансам, Совет депутатов городского округа г. Елец Липецкой обл., 399740, Россия, Липецкая обл., г. Елец, ул. Октябрьская, 127, e-mail: annaelets@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-5961-6470>

**Alexey V. Butov**

Dr.Sci.(Agr.), Professor of the Department of Technology of Storage and Processing of Agricultural Products, Bunin Yelets State University, 28, Communarov Str., Yelets, Lipetsk Region, 399770, Russia, e-mail: butov.a.v@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-1861-2892>

**Anna A. Mandrova**

Chief Expert on Economy and Finance of the District Deputy Counsel of Yelets city, Lipetsk Region 127, Oktyabrskaya Str., Yelets, Lipetsk Region, 399740, Russia, e-mail: annaelets@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-5961-6470>



<https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-2-178-192>  
УДК 347.711:631.1(571.17)

## ВОЗМОЖНОСТИ АЛГОРИТМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СЕГМЕНТАЦИИ ДЕБИТОРОВ В УСЛОВИЯХ КОММЕРЧЕСКОГО КРЕДИТА

С. Г. Черниченко\* , Р. М. Котов

Дата поступления в редакцию: 31.04.2018  
Дата принятия в печать: 22.06.2018

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

\*e-mail: [chernichenko66@mail.ru](mailto:chernichenko66@mail.ru)



© С. Г. Черниченко, Р. М. Котов, 2018

**Аннотация.** Финансовая политика любого субъекта заключается в управлении экономическими параметрами и опирается на зондирование тесноты их взаимосвязей и взаимозависимостей. Подвергая анализу заданные показатели и выявляя степень их корреляции с базисными индикаторами, финансовые инженеры приобретают широкие возможности в моделировании и оптимизации экономических процессов. Так, в секторе коммерческого кредита, который отличается отсутствием завершённых отечественных методик оценки риска кредитора, исследование системы экспонентов кредитного анализа даёт ключ к созданию современных моделей и методических оценочных технологий. Настоящая научная работа включает теоретическую, методическую, аналитическую и финансово-инженерную компоненты. Теоретическая компонента нацелена на обеспечение теоретической базы исследования и отражает обзор понятийного аппарата и конструирование базового комбинационного понятия – алгоритмическое моделирование сегментации коммерческих дебиторов. Методическая составляющая имеет целевую установку на исследование принципиальных основ построения системы аналитических показателей и их привязку к алгоритмической модели. Аналитическая и финансово-инженерная компонента научной работы, имеющая фундаментальное значение (в связи с тем, что отражает реализацию целевой направленности исследования), предусматривает пять стадий: 1) выявление и тематическую группировку индикаторов риска кредитора; 2) унификацию индикаторов в форме алгоритма сегментации коммерческих дебиторов; 3) апробацию и оценку адекватности алгоритмической модели; 4) обоснование тесноты причинно-следственных связей между взаимопроникающими экспонентами алгоритмической модели; 5) выявление наиболее ценных параметров (идентифицирующих факторов) кредитного анализа в секторе коммерческого кредита. Исследования проведены на селективных материалах сельскохозяйственных организаций Кемеровской области. Таким образом, результатом исследовательской работы явилась авторская алгоритмическая модель сегментации дебиторов в группы риска в секторе коммерческого кредита. Аналитическая конструкция, основанная на комбинации ключевых параметров кредитного риска, учитывающая регионально-отраслевую специфику функционирования предприятий и обоснованная тесной корреляцией взаимосвязей элементов алгоритма, позволяет сэкономить временные затраты финансовых аналитиков при равноценном эффекте процедуры оценки кредитного риска.

**Ключевые слова.** Коммерческое кредитование, коммерческий дебитор, кредитный риск, индикаторы кредитного риска, алгоритмическое моделирование

**Для цитирования:** Черниченко, С. Г. Возможности алгоритмического моделирования сегментации дебиторов в условиях коммерческого кредита / С. Г. Черниченко, Р. М. Котов // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 2. – С. 178–192. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-2-178-192>.

## THE POSSIBILITIES OF DEBTOR SEGMENTATION ALGORITHMIC MODELING IN THE CONTEXT OF COMMERCIAL LENDING

S.G. Chernichenko\* , R.M. Kotov

Received: 31.04.2018  
Accepted: 22.06.2018

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

\*e-mail: [chernichenko66@mail.ru](mailto:chernichenko66@mail.ru)



© S.G. Chernichenko, R.M. Kotov, 2018

**Abstract.** Financial policy of any entity comes down to managing economic parameters and relies on exploration of the strength of relations and dependencies between them. By means of analysis of the given indicators and identification of the degree of their correlation with the basic indicators, financial engineers get vast opportunities concerning economic processes modeling and optimization. Thus, in the sector of commercial credit, which is characterized by the absence of complete Russian procedures that would help assess the risk of the creditor, the study of credit analysis exhibitors system provides the key to the development of modern models and methodological assessment technologies. The present scientific work includes theoretical, methodological, analytical and financial engineering components. The theoretical part has to provide the theoretical basis for the research, reflect the terms and definitions overview and show the development of the basic complex concept – algorithmic modeling of commercial debtor segmentation.

The methodological component is devoted to the study of the fundamental principles which help construct the system of analytical indicators and establish their connection with the algorithmic model. The analytical and financial-engineering component of the scientific work which is of fundamental importance (as it reflects the implementation of the research focus), consists of five stages: 1) identification and thematic grouping of the creditor's risk indicators; 2) indicators unification in the form of the commercial debtor segmentation algorithm; 3) algorithmic model testing and performance evaluation; 4) explanation of cause-effect relationships strength between the interpenetrating exponents of the algorithmic model; 5) identification of the most valuable parameters (identifying factors) of credit analysis in the commercial lending sector. Studies were carried out using selected materials taken from Kemerovo Region agricultural companies. Thus, the result of the research is the author's debtor segmentation. The model makes it possible to form risk groups in the commercial lending sector. The analytical structure is based on the combination of key credit risk parameters taking regional and industry specific features of businesses operation into account and justified by strong correlation of the algorithm elements. That helps financial analysts save time and have equivalent effect of credit risk assessment procedure.

**Keywords.** Commercial lending, commercial debtor, credit risk, credit risk indicators, algorithmic modeling

**For citation:** Chernichenko S.G., Kotov R.M. The possibilities of debtor segmentation algorithmic modeling in the context of commercial lending. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2018, vol. 48, no. 2, pp. 178–192 (In Russ.). <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-2-178-192>.

### Введение

Опираясь на целевой ориентир исследовательской работы – разработку, обоснование и апробацию алгоритма сегментации коммерческих дебиторов в группы кредитного риска, – вводим

необходимые понятия и предусматриваем последовательность действий. Во-первых, представим краткий обзор понятийного аппарата в границах заданной темы исследования (табл. 1).

Таблица 1 – Обзор понятийного аппарата научного исследования в области алгоритмического моделирования процесса сегментации дебиторов в секторе коммерческого кредита

Table 1 – Overview of terms and definitions for the research in the sphere of algorithmic modeling of the debtor segmentation process in commercial lending sector

Термин	Определение его сущности	Ссылка на авторство
Риск	«субъективная характеристика ситуации неопределенности, основанная на объективных величинах ее количественного измерения относительно вероятностного события»	[35, с. 24]
Рисковая ситуация	«сочетание событий и условий, создающих неопределенную обстановку для принятия решений субъектом с заданными целевыми установками»	[1, с. 39]
Кредитный риск (риск кредитора)	«ситуация неопределенности относительно сроков и фактов погашения кредита, отражающая вероятностный, противоречивый и двойственный характер возможных результатов и предполагающая альтернативность процесса принятия решений»	[35, с. 47]
Коммерческий кредит	«специфическая форма товарно-денежных отношений авансирующего характера, возникающих между кредитором и дебитором по поводу перераспределения ссуженной стоимости»	[35, с. 44]
Коммерческий дебитор	субъект, имеющий дебиторскую задолженность перед кредитором в секторе коммерческого кредитования	Примечания авторов
Идентифицирующий фактор	основной фактор, определяющий (идентифицирующий) уровень риска	
Сегментация дебиторов	дифференциация дебиторов в группы кредитного риска	
Качество задолженности	«совокупность свойств задолженности, обуславливающих ее способность удовлетворять определенные потребности в соответствии с назначением»	[34, с. 32]
Качество дебиторской задолженности	«вероятность получения задолженности своевременно и в полной сумме»	[27, с. 91]
Качество кредиторской задолженности	«характеризуется долей просроченных долгов, соотношением кредиторской задолженности и объема продаж и квотой кредиторской задолженности в текущих пассивах»	[35, с. 90]
Индикаторы кредитного риска	«набор ключевых финансовых показателей, гипотетически обладающих наиболее высокими прогностическими свойствами»	[35, с. 77]
Выявление индикаторов	«целенаправленный отбор некоторых показателей из совокупности, на основе их соответствия заданному критерию предпочтения»	
Группировка индикаторов	«образование групп из индикаторов, качественно однородных, в зависимости... от аналитического направления»	
Унификация индикаторов	«процесс взаимоувязки, приведения обособленных параметров к единой системе, единообразию»	[35, с. 79]
Алгоритм	«система правил, определяющая содержание и последовательность операций, переводящих исходные данные в конечный результат»	[16, с. 26]
Модель	«формализованное описание объекта, системы объектов, процесса или явления, выраженное математическими соотношениями, набором чисел и (или) текстов, графиками, таблицами, словесными формулами и т. п.»	[16, с. 17]
Алгоритмическое моделирование	«численный метод исследования систем и процессов с помощью моделирующего алгоритма»	[16, с. 113]

Во-вторых, на основе представленных терминов сконструируем базовое комбинационное понятие: *алгоритмическое моделирование сегментации коммерческих дебиторов* – численный метод исследования, заключающийся в формализованном описании обоснованной системы правил, определяющей содержание и последовательность операций по дифференциации дебиторов в группы кредитного риска с позиции потенциального варианта кредитного решения. Причем смоделированная ситуация должна быть признана адекватной, в условиях достаточной степени приближения к закономерностям процесса функционирования коммерческого кредита. А модель оригинального объекта должна приобрести определенные качественные характеристики: субъективность, гомоморфность, многовариантность.

В-третьих, предусмотрим особенности методических технологий в заданном секторе исследования. В процессе инженерии аналитической конструкции, в границах специфических аналитических векторов, опираясь на фундаментальные свойства алгоритмической модели, задаем и выполняем определенные требования, руководствуясь известными принципами [19] (табл. 2). Создавая определенное строение (устройство) на основе взаимопроникающих элементов (оценочных параметров), с определенной долей условности, отождествляем такие понятия, как «система аналитических показателей», «аналитическая схема», «аналитическая модель» и «аналитическая конструкция».

В-четвертых, аналитический и финансово-инженерный блок научных исследований предусматривает пять стадий: выявление и тематическую группировку индикаторов кредитного риска (в границах банковского и коммерческого кредита); унификацию специфических индикаторов кредитного риска в форме алгоритма сегментации коммерческих дебиторов; апробацию и оценку адекватности алгоритмической модели; обоснование тесноты причинно-следственных связей между взаимопроникающими экспонентами алгоритмической модели и результативным признаком (уровнем кредитоспособности дебитора как основного фактора риска кредитора); выявление наиболее ценных параметров (идентифицирующих факторов) кредитного анализа в секторе коммерческого кредита. В качестве критических значений показателей алгоритмической модели использованы как нормативные, так и фактические значения (рассчитанные на регионально-отраслевом уровне, в среднем за период 2013–2015 гг.). Базирование расчетов на материалах сельскохозяйственных предприятий обусловлено тем, что данный сектор экономики относится к «чистым дебиторам» (по сальдо взаимного зачета дебиторской и кредиторской задолженности), кредитоспособность которых необходимо оценить.

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

Целью работы является разработка, обоснование и апробация алгоритмической модели

сегментации коммерческих дебиторов в группы кредитного риска.

Объектом исследования выступают объективные закономерности формирования системы денежно-кредитных отношений на микроуровне.

В качестве предмета исследования рассматривается кредитный риск, возникающий в процессе коммерческого кредитования, и возможности алгоритмического моделирования его оценки.

Теоретической и методологической основой исследования послужили научные работы российских и зарубежных экономистов, посвященные вопросам кредитного дела, математического моделирования, финансового анализа, финансового менеджмента, финансовой инженерии.

В процессе исследования авторы применяли следующие методы: экономико-статистический, абстрактно-логический, классификационный, коэффициентный, интегральный, методы сравнения и группировки, методы анализа и синтеза, метод построения «дерева решений», метод экономико-математического моделирования, методы корреляционно-регрессионного анализа и др.

#### **Результаты и их обсуждение**

*Первая стадия* аналитической и финансово-инженерной работы, отражающая процессы выявления и тематической группировки индикаторов риска кредитора, предусматривает определенную последовательность операций: исследование комплекса относительных финансовых параметров кредитного анализа; формирование «матриц предпочтений» (матриц предпочтений); выявление специфических индикаторов риска кредитора на базе «матриц предпочтений» и их тематическая группировка. «Матрица предпочтений» имеет следующую структуру: в строках отражены относительные финансовые параметры, а в столбцах – авторские аналитические модели. *Критерием предпочтения* (преференции) в процессе выявления индикаторов кредитного риска выступила *частота применения параметров в аналитической процедуре*. Исследование существенных массивов финансовых параметров, измеряющих уровень кредитного риска, реализовано на основе всевозможных методических подходов в двух секторах рынка ссудного капитала: банковский и коммерческий кредит. Параллельный характер исследований объясняется тем, что, во-первых, значительный интерес представляет сопоставление опыта оценочной процедуры в заданных секторах, во-вторых, необходимо иметь сравнительную базу для оценки адекватности создаваемой аналитической конструкции в секторе коммерческого кредита; в-третьих, следует обеспечить расчет рейтинга кредитоспособности дебитора как генерального фактора риска кредитора в качестве результативного признака алгоритмической модели.

Таблица 2 – Принципиальные основы построения аналитической конструкции и их привязка к алгоритмической модели  
 Table 2 – Fundamental basics for developing an analytical construction and their connection with the algorithmic model

Требование, принцип	Содержание	Проявление в алгоритмической модели
<b>1. Свойства аналитической конструкции</b>		
Детерминированность	обусловленность элементов алгоритма	рекомендуемые значения элементов алгоритма обусловлены общероссийскими, региональными и отраслевыми тенденциями
Результативность	трансформация исходных данных в результат	целевое назначение модели – перевод исходного материала в результат (отнесение дебитора к определенной группе риска)
Массовость	возможность массового применения	возможность использования алгоритма, независимо от региональной и отраслевой принадлежности дебитора
<b>2. Требования к аналитической конструкции</b>		
Охваченность	заданный диапазон всевозможных сегментов кредитного риска, различных аналитических векторов	широта охвата элементов алгоритма отражает пять аналитических векторов в четырех сегментах кредитного риска
Корреляция	существование содержательной, формализованной корреляции между центральным и периферическими показателями	тесная логическая взаимосвязь параметров иерархической системы ( $R = 0,63-0,79$ )
Верифицируемость	возможность проверки информационной базы и механизма расчета всех параметров	все элементы алгоритмической модели имеют однозначно трактуемые формулы расчета и прозрачную информационную базу
<b>3. Принципы построения аналитической конструкции</b>		
Принцип древовидной структуры	обеспечение дискурсивного разворачивания общих параметров в частные или инволюции частных показателей в общие	модель основана на логическом разворачивании обобщающих параметров в частные
Принцип обозримости	присутствие оптимизированного для заданных условий комплекта параметров (дополняющих и уточняющих, но не дублирующих друг друга)	элементы алгоритма представлены оптимальным набором индикаторов кредитного риска в границах коммерческого кредита, обладающих уточняющими и дополняющими свойствами
Принцип разумного сочетания абсолютных и относительных показателей	предпочтение относительных параметров, обусловленное их преимуществами: 1) возможность соизмерения несопоставимых в абсолютном измерении объектов; 2) элиминирование (устранение воздействия отдельных экономических факторов); 3) значительный уровень устойчивости во времени и пространстве; 4) однородность вариационных рядов и пр.	в алгоритмической модели представлены 10 относительных показателей и один абсолютный параметр
Принцип неформальности	конструкция, при максимальном уровне аналитического совершенства, должна быть подходящей для принятия координационных решений; для этого необходимо: а) введение в аналитическую конструкцию не уникальных, а традиционных (стандартных) параметров; б) использование тождественно трактуемых формул их вычисления; в) преимущественное применение данных финансовой отчетности в качестве информационной базы	алгоритмическая модель включает традиционные (стандартные) показатели; формулы расчетов интерпретируются однозначно; информационная база представлена данными финансовой отчетности

**В секторе банковского кредита** исследован набор параметров, применяемых в наиболее известных российских и зарубежных методиках кредитного анализа: Э. Альтмана, Д. Чессера, Дж. Ф. Синки, Бивера, В. И. Колесникова, Г. Ф. Графовой, Л. Г. Гиляровской, А. В. Брычкина, В. Т. Севрук, И. В. Вишнякова, В. В. Ковалева, В. Н. Глазунова, О. И. Лаврушина, М. А. Федотовой, Р. С. Сайфулина и Г. Г. Кадыкова, Ю. С. Масленченкова, Л. В. Чекиной [3–6, 10–12, 14, 15, 23, 29–31, 39]. При этом, ориентируясь на всестороннее рассмотрение системы показателей, авторы намеренно исследовали разнообразные

методические подходы: методики оценки кредитоспособности, модель классификации кредитов, модель надзора за ссудами, модели прогнозирования кредитного риска и риска банкротства. Обзор и сопоставительный анализ исследуемых моделей продемонстрирован в табл. 3. В данном случае матрица включает 58 строк (перечень коэффициентов) и 17 столбцов (совокупность авторских методик), в пересечении которых представлена *итоговая информация* (факт применения коэффициента в указанной модели), позволяющая предпочесть некоторые параметры из продемонстрированного списка.

Таблица 3 – Секторальная «матрица предпочтений» оценочных показателей кредитного риска (сектор банковского кредита)

Table 3 – Sectoral “preference matrix” of credit risk valuation multiples (bank loan sector)

Показатель	Методика																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
<b>1. Коэффициент текущей ликвидности</b>			+	+	+			+	+	+	+	+			+	+	+
<b>2. Коэффициент критической ликвидности</b>								+	+	+	+	+				+	+
<b>3. Коэффициент абсолютной ликвидности</b>		+					+	+	+	+	+	+				+	+
<b>4. Коэффициент финансовой независимости</b>								+	+			+	+			+	
<b>5. Коэффициент обеспеченности SOK</b>	+				+	+										+	+
6. Рентабельность активов по RP	+				+	+										+	
7. Рентабельность активов по VP	+																
8. Рентабельность активов по BP	+	+															+
9. Рентабельность активов по СНР										+						+	+
10. Рентабельность продаж по СНР					+					+					+	+	
11. Рентабельность продаж по PR																	+
12. Рентабельность SK по СНР					+					+							+
13. Общая (полная) рентабельность																	+
14. Рыночная стоимость акций к ZK	+																
15. Доля совокупных обязательств в VB			+														
16. Отношение ОК и CHA			+														
17. Оборотный капитал к ChSP*			+														
18. Отношение ChSP* и NLA			+														
19. Отношение ChSP* и VB										+							
<b>20. Коэффициент финансовой зависимости</b>				+		+	+		+	+					+	+	+
21. Отношение ZK и SK									+	+						+	
22. Отношение SK и ZK																	+
23. Выручка к авансированному капиталу					+												
24. Коэффициент Бивера						+											
25. Наличность к сумме продаж							+										
26. Рабочий (функционирующий) капитал								+									
27. Маневренность SOK									+							+	
28. Имобилизация основных фондов										+							
29. Отношение амортизации и VOA										+							
30. Отношение SK и DSO к VB										+							
31. Продажи к запасам TMC											+						
32. Инкассирование DZ											+						
33. Процентные выплаты											+						+
34. Денежный поток													+			+	
35. Прогноз банкротства														+			
36. Собственность															+		
37. Ликвидационная стоимость															+		
38. Рамбурсная стоимость															+		
39. Отношение KZ* и DZ*																+	
40. Оборачиваемость DZ																+	+
41. Отношение SOK и MZ																	+
42. Отношение KSO и совокупных активов																	+
43. Отношение KSO и SK																	+
44. Отношение VOA и инвестиционного капитала																	+
45. Отношение VOA и SK																	+
46. Оборачиваемость запасов и затрат																+	+
47. Оборачиваемость KZ																	+
48. Оборачиваемость текущих активов																	+
49. Фондоотдача																	+
50. Отношение выручки и SK																	+
51. Оборачиваемость совокупных активов																	+
52. Эксплуатационные затраты																	+
53. Отношение оборотных средств и SK																	+
54. Отношение DSO и VOA																	+
55. Отношение VP и выручки																	+
56. Отношение BP и выручки																	+
57. Сумма дивидендов на 1 простую акцию																	+
58. Уровень дивидендов на 1 простую акцию																	+
<b>РЕЙТИНГОВАЯ ОЦЕНКА</b>	+	+	+	+								+	+	+	+	+	+

**Обозначения:** SOK – собственный оборотный капитал; RP – реинвестируемая (нераспределенная) прибыль; BP – балансовая прибыль; VP – валовая прибыль; СНР – чистая прибыль; PR – прибыль от реализации; ZK – заемный капитал; SK – собственный капитал; VB – валюта баланса; ОК – основной капитал; CHA – чистые активы; NLA – наиболее ликвидные активы; VOA – внеоборотные активы; DSO – долгосрочные обязательства; KSO – краткосрочные обязательства; TMC – товарно-материальные ценности; DZ – дебиторская задолженность; KZ – кредиторская задолженность; DZ<sup>k</sup> – краткосрочная дебиторская задолженность; KZ<sup>k</sup> – краткосрочная кредиторская задолженность; MZ – материальные запасы; ChSP\* – чистая сумма продаж (сумма продаж без налога на добавленную стоимость).

**Нумерация методик:** (1) Э. Алтман; (2) Д. Чессер; (3) М. А. Федотова; (4) Р. С. Сайфулин и Г. Г. Кадьков; (5) У. Бивер; (6) Дж. Ф. Синки; (7) В. В. Ковалев; (8) В. Т. Севрук; (9) И. В. Вишняков; (10) В. Н. Глазунов; (11) В. И. Колесников; (12) Г. Ф. Графова; (13) Ю. С. Масленченков; (14) Л. В. Чекина; (15) А. В. Брычкин; (16) О. И. Лаврушин; (17) Л. Т. Гиляровская.

**Legend:** SOK – company own current assets; RP – reinvested (retained) earnings; BP – balance sheet profit; VP – gross profit; СНР – net profit; PR – profit from sales; ZK – borrowed capital; SK – company own capital; VB – balance sheet total; ОК – fixed assets; CHA – net assets; NLA – most liquid assets; VOA – non-current assets; DSO – long-term liabilities; KSO – short-term liabilities; TMC – inventories; DZ – accounts receivable; KZ – accounts payable; DZ<sup>k</sup> – short-term accounts receivable; KZ<sup>k</sup> – short-term accounts payable; MZ – stock of materials; ChSP\* – net sales value (sales value without VAT).

**Techniques numbering:** (1) E. Altman; (2) D. Chesser; (3) M.A. Fedotova; (4) R.S. Sayfulin and G.G. Kadykov; (5) W. Beaver; (6) J.F. Sinkey; (7) V.V. Kovalev; (8) V.T. Sevruk; (9) I.V. Vishnyakov; (10) V.N. Glazunov; (11) V.I. Kolesnikov; (12) G.F. Grafova; (13) Yu.S. Maslencchenkov; (14) L.V. Chekina; (15) A.V. Brychkin; (16) O.I. Lavrushin; (17) L.T. Gilyarovskaya.

Оценивая уровень значимости (процент распространения) параметров в совокупной аналитической процедуре, можно выделить шесть коэффициентов, рассматривая их, с определенной долей условности, в качестве индикаторов кредитного риска (табл. 5). Тематическая группировка выявленных индикаторов позволяет избранные коэффициенты классифицировать в трех аналитических направлениях: ликвидность баланса (коэффициенты текущей, критической и абсолютной ликвидности), структура капитала (коэффициенты финансовой независимости и финансовой зависимости), уровень обеспеченности (коэффициент обеспеченности собственным оборотным капиталом). Следует отметить, что показатели структуры капитала взаимозависимы и взаимообратны. В связи с тем, что нормативные значения коэффициентов финансовой зависимости в аналитической практике отсутствуют, а рекомендуемые величины обусловлены отношением субъекта к риску, представляется более продуктивным применение в анализе коэффициента финансовой независимости (нормативный уровень: 0,5–0,6). Использование коэффициента обеспеченности собственным оборотным капиталом в оценочной процедуре представляется неразумным по причине его отрицательного значения по материалам организаций РФ, Кемеровской области, в том числе и сельскохозяйственных [24–26, 41, 42]. В этой связи для рейтинговой оценки кредитоспособности сельскохозяйственных предприятий Кемеровской области используем систему показателей, рекомендованных Банком России (в редакции профессора В. И. Колесникова [5]), сформированную из коэффициентов ликвидности баланса и финансовой независимости.

**В секторе коммерческого кредита** проведена аналогичная работа. Объектами исследования выступили методические подходы и рекомендации российских и зарубежных ученых в области оценки кредитного риска в границах коммерческого кредитования и качества дебиторской и кредиторской задолженности как фундаментальных параметров кредитных отношений в производственной сфере. Интерес авторов к рекомендациям зарубежных экономистов обусловлен отсутствием завершенных российских методических технологий, нацеленных на оценку кредитного риска в заданной области. Словом, исследованы модели и рекомендации известных ученых: Ю. Бриггем и Л. Гапенски; Ф. Ли Ченг и Дж. Финнерти; Р. Д. Мехта; Дж. Ван Хорн; Д. С. Эверт; И. Ф. Брик; М. Хамбург; Дж. Фостер; А. И. Гончаров; М. И. Ткачук и Е. Ф. Киреева; Э. Хелферт; О. В. Ефимова и М. В. Мельник; В. В. Ковалев; И. Я. Лукасевич; В. П. Савчук; А. Д. Шеремет, Р. С. Сайфулин и Е. В. Негашев; Т. В. Теплова [2, 7–9, 13, 17, 18, 20, 21, 28, 32, 33, 36, 38]. Таким образом, матрица содержит 22 строки (комплект

коэффициентов) и 17 столбцов (список методик и авторских рекомендаций), в пересечении которых представлена *итоговая информация* (факт применения коэффициента в указанной модели), что позволяет избрать отдельные показатели из представленного списка (табл. 4).

В «матрице предпочтений» в качестве индикаторов риска кредитора были выявлены 10 ключевых показателей с существенным уровнем значимости в аналитической практике (табл. 5). Тематическая группировка индикаторов позволяет выявленные коэффициенты типизировать в четырех аналитических векторах: *ликвидность баланса* (коэффициент «лакмусовой бумажки»), *рабочий капитал*, *коэффициент покрытия*, *качество задолженности дебиторов* (квота просрочки в долгах дебиторов, показатель погашения долгов дебиторов, квота долгов дебиторов в оборотном капитале), *качество долгов перед кредиторами* (соизмерение кредиторской задолженности и выручки, доля кредиторской задолженности в текущих обязательствах, доля просрочки в долгах перед кредиторами), *динамика запасов* (показатель движения товарных запасов). Итак, аналитическая база в секторе коммерческого кредита в основном характеризуется специфическими параметрами исследования – дебиторская и кредиторская задолженность организаций. Однако в оценочной процедуре целесообразно принимать во внимание не только массивы и качество долгов, но и их сопряженность (соизмеримость, сопоставимость).

В процессе производственно-хозяйственной деятельности любое предприятие одновременно оказывается и в положении дебитора, и в качестве кредитора. По словам К. Маркса, «каждый занимает одной рукой и сужает другой» [22]. В этой связи в аналитической работе важно использовать ключевые параметры, позволяющие дать оценку уровня кредитоспособности организации, с одной стороны, через вектор интенсивности и эффективности политики сбора долгов дебиторов, а с другой – посредством оценки реальных массивов текущих кредитных обязательств.

С целью оценки соизмеримости незавершенной задолженности дебиторов и долгов перед кредиторами уместно использовать *коэффициент сопряженности дебиторской и кредиторской задолженности*, допуская в качестве рекомендуемого уровня параметра его стремление к единице. Это продиктовано первостепенным условием разумного финансирования производственно-хозяйственной деятельности: равновеликие суммы дебиторской (отвлеченной) и кредиторской (привлеченной) задолженности. Кроме того, указанный параметр целесообразно применять в оценочной процедуре с позиции политики управления активами и пассивами баланса. Данное аналитическое направление должно предшествовать оценке качества дебиторской и кредиторской задолженности. Итак, систематизируем ключевые параметры кредитного анализа в разрезе секторов.

Таблица 4 – Секторальная «матрица предпочтений» оценочных коэффициентов кредитного риска (сектор коммерческого кредита)

Table 4 – Sectoral “preference matrix” of credit risk valuation multiples (commercial lending sector)

Рекомендуемый параметр	Формула расчета	Автор																
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1. Продолжительность оборота дебиторской задолженности (DSO)	$\sum (\text{удельный вес группы товаров} * \text{период оплаты документов})$	+																
2. Однодневный товароборот (ADS)	$\frac{\text{объем реализации в натуральном выражении} * \text{цена единицы товара}}{\text{расчетный период в днях}}$	+																
3. Коэффициент «лакумусовой бумажки»	$\frac{\text{денежные средства} + \text{краткосрочные финансовые вложения}}{\text{текущие обязательства}}$	+	+							+								+
4. Коэффициент обеспеченности процентов по кредитам (ПЕ)	$\frac{\text{прибыль после налогообложения} + \text{проценты к уплате}}{\text{заемный капитал}}$	+																
5. Доля заемного капитала в ресурсной базе	$\frac{\text{совокупные активы}}{\text{просроченная кредиторская задолженность}}$	+																
6. Доля просрочки в долгах перед кредиторами	$\frac{\text{суммарная кредиторская задолженность}}{\text{стоимость товара} - \text{стоимость товара со скидкой} * 100\%}$	+	+							+								+
7. Процент торговой скидки	$\frac{\text{объем реализации со скидкой}}{\text{валовой объем реализации}}$	+																
8. Доля объема реализации со скидкой в валовом объеме реализации	$\frac{\text{оборотные активы}}{\text{текущие пассивы}}$	+	+							+								+
9. Коэффициент покрытия	$\frac{\text{кредиторская задолженность}}{\text{текущие пассивы}}$	+	+							+								+
10. Доля кредиторской задолженности в текущих обязательствах	$\frac{\text{кредиторская задолженность}}{\text{кредиторская задолженность}} + \text{текущие пассивы}$	+	+							+								+
11. Соизмерение кредиторской задолженности и выручки	$\frac{\text{кредиторская задолженность}}{\text{объем продаж в денежном выражении}}$	+	+							+								+
12. Показатель движения товарных запасов	$\frac{\text{выручка}}{\text{запасы готовой продукции}}$									+								
13. Долговой показатель D	$\frac{\text{средства в расчетах и вложениях}}{\text{выручка денежная за месяц}}$										+							
14. Долговой показатель К	$\frac{\text{текущие обязательства}}{\text{выручка денежная за месяц}}$										+							
15. Соотношение обязательств и собственных средств	$\frac{\text{обязательства}}{\text{собственный капитал}}$										+							
16. Способность обслуживания долга	$\frac{\text{балансовая прибыль} + \text{полученные проценты}}{\text{сумма к погашению кредита} + \text{уплаченные проценты}}$										+							
17. Удельный вес долгов в совокупных активах	$\frac{\text{обязательства}}{\text{активы}}$										+							
18. Денежные потоки	$\frac{\text{денежный приток} - \text{денежный отток}}{\text{оборотные активы} - \text{текущие обязательства}}$										+							
19. Рабочий (функциональный) капитал (WC)	$\frac{\text{дебиторская задолженность}}{\text{оборотные активы}}$											+						+
20. Квота долгов дебиторов в оборотном капитале	$\frac{\text{просроченная дебиторская задолженность}}{\text{суммарная дебиторская задолженность}}$											+						+
21. Квота просрочки в долгах дебиторов	$\frac{\text{дебиторская задолженность}}{\text{выручка}}$											+						+
22. Показатель погашения долгов дебиторов												+						+

Оценка состава параметров, идентифицирующих качество задолженности, привела к выводу о наличии некоторых сегментов кредитного риска в секторе коммерческого кредита: *производственного, кредитного, структурного и паритетного* (табл. 6).

На второй стадии исследовательской работы унифицируем выявленные индикаторы в алгоритм сегментации коммерческих дебиторов. Перечень и идентификационные характеристики ключевых параметров алгоритмической модели представлены в табл. 7.

Базовые позиции алгоритмической модели опираются на специфику коммерческого кредита: его объектом выступает оборотный капитал, который обладает существенным уровнем мобильности, высокой скоростью оборота и незначительным сроком использования. Хозяйствующие субъекты

традиционно расплачиваются по текущим кредитным обязательствам за счет оборотных средств. В связи с этим *сопоставление* (разница, соотношение) *стоимости оборотного капитала и массивов кредитных обязательств предприятия* несет особую смысловую нагрузку в заданных условиях. Следовательно, вполне логично, что в качестве центрального звена алгоритмической модели представлен *рабочий капитал* (K1). При его отрицательном значении расчет последующих параметров модели не имеет смысла (а объект анализа, безусловно, признается носителем высокого уровня кредитного риска). При положительной величине рабочего капитала целесообразно продолжить аналитическую процедуру по вектору *коэффициента покрытия* (K2), предусмотрев два возможных варианта результатов расчетов: соответствие и несоответствие нормам.

Таблица 5 – Тематическая группировка и оценка значимости специфических индикаторов риска кредитора  
Table 5 – Thematic grouping and evaluation of significance of specific creditor's risk indicators

Аналитический вектор, индикатор	Частота применения	Уровень значимости, %
<b>1. Сектор банковского кредита</b>		
<i>1.1. Ликвидность баланса:</i>		
коэффициент текущей ликвидности	13	76,5
коэффициент абсолютной ликвидности	10	58,8
коэффициент критической ликвидности	8	47,1
<i>1.2. Структура капитала:</i>		
коэффициент финансовой зависимости	8	47,1
коэффициент финансовой независимости	5	29,4
<i>1.3. Уровень обеспеченности:</i>		
коэффициент обеспеченности собственным оборотным капиталом	5	29,4
<b>2. Сектор коммерческого кредита</b>		
<i>2.1. Ликвидность баланса:</i>		
коэффициент покрытия	13	76,5
коэффициент «лакмусовой бумажки»	7	41,2
рабочий капитал	6	35,3
<i>2.2. Качество задолженности дебиторов:</i>		
показатель погашения долгов дебиторов	7	41,2
квота долгов дебиторов в оборотном капитале	5	29,4
квота просрочки в долгах дебиторов	5	29,4
<i>2.3. Качество долгов перед кредиторами:</i>		
доля кредиторской задолженности в текущих обязательствах	9	52,9
доля просрочки в долгах перед кредиторами	7	41,2
соизмерение кредиторской задолженности и выручки	7	41,2
<i>2.4. Динамика запасов:</i>		
показатель движения товарных запасов	6	35,3
<b>2.5. Паритет дебиторской и кредиторской задолженности:</b>	рекомендация авторов	
<b>коэффициент сопряженности дебиторской и кредиторской задолженности</b>		

Таблица 6 – Базовые компоненты качества дебиторской (DZ) и кредиторской (KZ) задолженности  
Table 6 – Basic components of the quality of accounts receivable (DZ) and accounts payable (KZ)

Качество DZ		Качество KZ	
<i>Соотношение DZ и выручки</i>		<i>Соотношение KZ и выручки</i>	
показатель погашения долгов дебиторов	Сегмент 1: производственный	соизмерение кредиторской задолженности и выручки	
«Политика сбора долгов»		«Кредитная история»	
квота просрочки в долгах дебиторов	Сегмент 2: кредитный	доля просрочки в долгах перед кредиторами	
<i>Долевое участие в структуре активов баланса</i>		<i>Долевое участие в структуре пассивов баланса</i>	
квота долгов дебиторов в оборотном капитале	Сегмент 3: структурный	доля кредиторской задолженности в текущих обязательствах	
<b>Сегмент 4: паритетный</b>			
коэффициент сопряженности дебиторской и кредиторской задолженности			

Таблица 7 – Идентификация индикаторов кредитного риска алгоритмической модели

Table 7 – Identification of credit risk indicators in the algorithmic model

Показатель	Формула расчета	Норма	Примечание
(К1) Рабочий капитал	$OA - KSO$	$\geq 0$	<i>нормативные значения показателей теоретически обоснованы и признаны в международной аналитической практике</i>
(К2) Коэффициент покрытия	$\frac{OA}{KSO}$	2,0	
(К3) Коэффициент «лакмусовой бумажки»	$\frac{DS + KFV}{KSO}$	0,2	
(К4) Коэффициент сопряженности дебиторской и кредиторской задолженности	$\frac{DZ}{KZ}$	$\rightarrow 1,0$	<i>вытекает из правила равновеликих сумм DZ и KZ</i>
(К5) Доля кредиторской задолженности в текущих обязательствах, %	$\frac{KZ}{KSO} * 100\%$	87,14	<i>среднее фактическое значение по сельскохозяйственным предприятиям Кемеровской области</i>
(К6) Доля просрочки в долгах перед кредиторами, %	$\frac{KZ_p}{KZ} * 100\%$	25,6	
(К7) Соизмерение кредиторской задолженности и выручки	$\frac{KZ}{V}$	нет	<i>в динамике</i>
(К8) Квота долгов дебиторов в оборотном капитале, %	$\frac{DZ}{OA} * 100\%$	37,52	<i>среднее фактическое значение по сельскохозяйственным предприятиям Кемеровской области</i>
(К9) Квота просрочки в долгах дебиторов, %	$\frac{DZ_p}{DZ} * 100\%$	26,15	
(К10) Показатель погашения долгов дебиторов	$\frac{DZ}{V}$	0,231	<i>расчетная величина (12 недель / 52 недели)</i>
(К11) Показатель движения товарных запасов	$\frac{V}{Z}$	нет	<i>в динамике</i>

**Обозначения:** DS – денежные средства, RUB; KFV – краткосрочные финансовые вложения, RUB; DZ – дебиторская задолженность, RUB; KZ – кредиторская задолженность, RUB; KSO – краткосрочные обязательства, RUB; OA – оборотные активы, RUB; V – выручка, RUB; DZ<sub>p</sub> – просроченная дебиторская задолженность, RUB; KZ<sub>p</sub> – просроченная кредиторская задолженность, RUB; Z – запасы готовой продукции, RUB.

**Legend:** DS – monetary assets, RUB; KFV – short-term investments, RUB; DZ – accounts receivable, RUB; KZ – accounts payable, RUB; KSO – short-term liabilities, RUB; OA – current assets, RUB; V – revenue, RUB; DZ<sub>p</sub> – overdue accounts receivable, RUB; KZ<sub>p</sub> – overdue accounts payable, RUB; Z – finished goods inventory, RUB.

Для первого варианта авторы рекомендуют «взвесить» дебиторскую и кредиторскую задолженность предприятия (К4), предполагая, что высокий уровень коэффициента покрытия может быть связан с превышением задолженности дебиторов над кредиторской задолженностью предприятия. Для второго варианта целесообразно углубить оценку уровня ликвидности баланса дебитора по вектору коэффициента «лакмусовой бумажки» (К3): при условии соответствия норме данного параметра следует признать уровень риска незначительным, а в противном случае – рекомендуется оценить динамику показателя движения товарных запасов (К11).

Далее разворачиваем следующую аналитическую цепочку по заданным направлениям. Если выполняется правило равновеликих сумм дебиторской и кредиторской задолженности (К4 = 1), то риск кредитора можно признать низким. Если коэффициент сопряженности дебиторской и кредиторской задолженности (К4) меньше единицы, то анализу должны быть подвержены долги перед кредиторами: рекомендуется оценить их доленое участие в структуре текущих обязательств (К5). Если же указанный параметр (К4) больше единицы, то объектом анализа должна выступить дебиторская задолженность. В первую очередь вызывает интерес ее доленое участие в структуре оборотного капитала предприятия (К8). Дальнейшие оценочные операции по векторам дебиторской и кредиторской задолженности сопоставимы: при попадании соответствующих коэффициентов в зону рекомендуемых значений соизмеряем массивы задолженности с выручкой предприятия (К10 и К7), при нарушении границ обозначенной зоны исследуем уровень просроченных долгов в совокупной задолженности организации (К9 и К6). Для принятия кредитного решения (отрицательного или положительного) предусмотрено два варианта градации рисков ситуаций: (VR) *высокий уровень риска* (совершение сделки нецелесообразно) и (NR) *низкий уровень риска* (при заданных условиях сделка безубыточна). Итак, обобщенная аналитическая схема расчетов представлена на рис. 1.

на третьей стадии аналитической и финансово-инженерной работы проведена апробация и оценка адекватности алгоритмической модели. Оценочная процедура выполнена по данным 2015 г., на материалах 48 сельскохозяйственных предприятий центральной зоны Кемеровской области (процент выборки – 46,2 %). В работе отражено проведение индивидуального, бесповторного отбора; способ отбора – типический (ранжирование проведено по уровню коэффициентов рентабельности активов). С позиции деловой этики, названия исследуемых предприятий закодированы присвоенным номером в общем списке. Итак, результаты дифференциации предприятий представлены на рис. 1.

Итак, результаты дифференциации предприятий представлены на рис. 1.

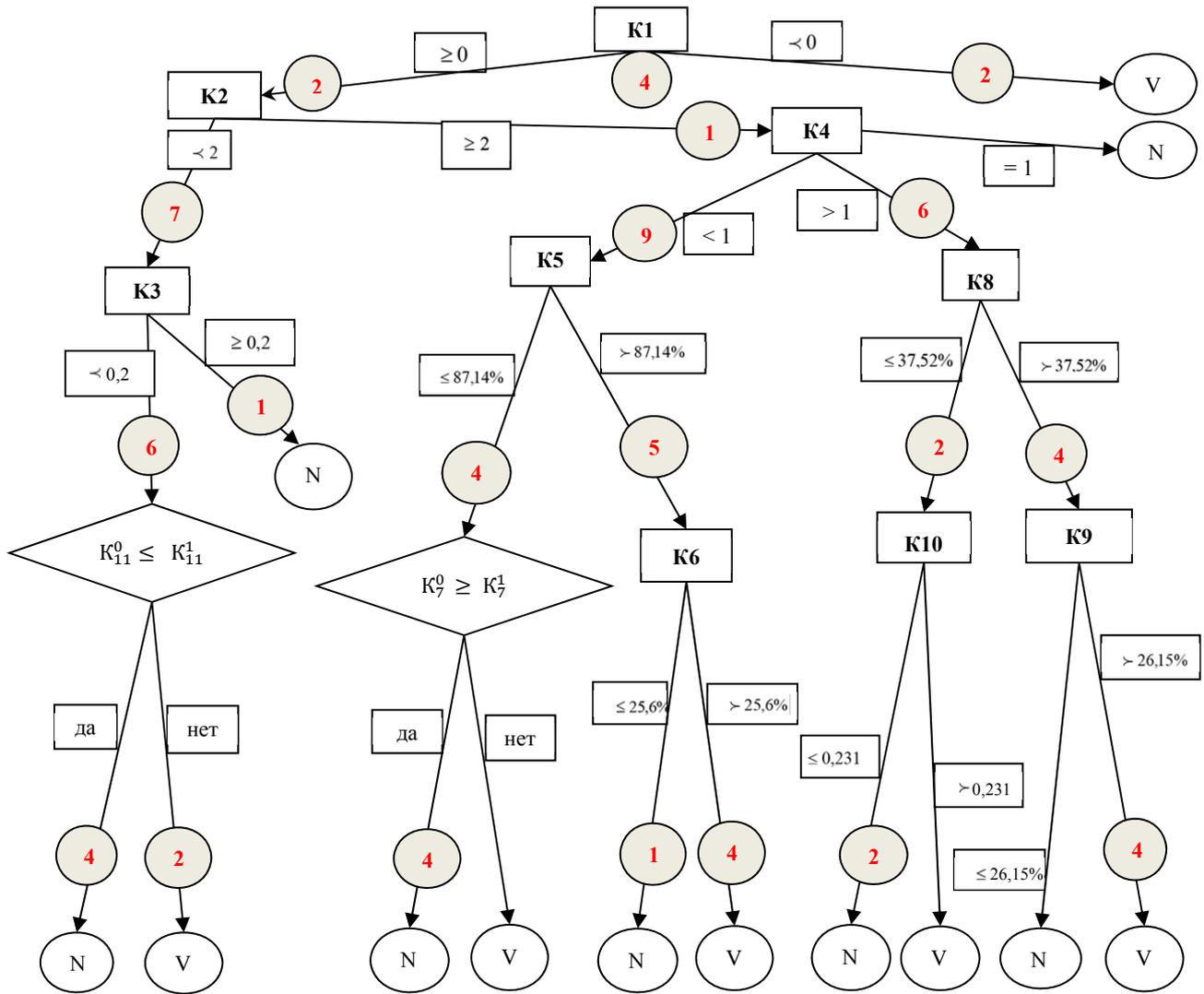


Рисунок 1 – Алгоритм сегментации коммерческих дебиторов  
Figure 1 – Commercial debtor segmentation algorithm

На первом же этапе, при оценке уровня рабочего капитала (K1), 26 предприятий были выбракованы из общего списка и признаны носителями высокого уровня кредитного риска. Оставшиеся 22 организации выступили объектами анализа по заданной схеме, результат которого зафиксирован: 15 организаций, с достаточным уровнем коэффициента покрытия, дифференцированы в две группы (семь носителей низкого уровня риска, восемь носителей высокого кредитного риска); семь предприятий с недостаточным уровнем коэффициента покрытия распределены в аналогичные группы (пять носителей низкого уровня риска, два носителя высокого риска). Таким образом, высокий уровень риска спрогнозирован для 36 кредитных сделок из 48. Сравнивая результаты рейтинговой оценки кредитоспособности сельскохозяйственных предприятий по методике В. И. Колесникова (сектор банковского кредита) и продукт сегментации дебиторов на базе предлагаемой алгоритмической модели (сектор коммерческого кредита), приходим к следующему заключению

(табл. 8): все организации 3-го класса кредитоспособности (25) являются носителями высокого уровня кредитного риска, по результатам применения алгоритмической модели; первоклассные предприятия (2) предусматривают потенциальные кредитные операции с низким уровнем риска; производители 2-го класса (21), со «стандартным» уровнем кредитоспособности, в результате детализированного анализа перераспределились по группам: 10 организаций отнесены к дебиторам с низким уровнем риска, а кредитование 11 предприятий сопряжено с высоким уровнем риска. Таким образом, противоречий в результатах кредитного анализа не выявлено, что говорит об адекватности оценки риска кредитора по разработанной алгоритмической модели.

На четвертой стадии, после признания адекватности алгоритмической модели, с целью обоснования тесноты связей между взаимопроницающими экспонентами алгоритма был проведен корреляционный анализ, результаты которого представлены в табл. 9.

Таблица 8 – Сравнительный анализ результатов оценки кредитного риска

Table 8 – Comparative analysis of credit risk assessment results

№ предприятия	Класс кредитоспособности – по методике В. И. Колесникова (сектор банковского кредита)	Уровень риска кредитора – по алгоритмической модели (сектор коммерческого кредита)
1	2 класс	высокий*
2	<b>1 класс</b>	<b>низкий</b>
3	3 класс	высокий
4	3 класс	высокий
5	2 класс	высокий*
6	3 класс	высокий
7	3 класс	высокий
8	3 класс	высокий
9	3 класс	высокий
10	3 класс	высокий
11	3 класс	высокий
12	3 класс	высокий
13	<b>2 класс</b>	<b>низкий</b>
14	<b>2 класс</b>	<b>низкий</b>
15	2 класс	высокий*
16	3 класс	высокий
17	3 класс	высокий
18	3 класс	высокий
19	<b>2 класс</b>	<b>низкий</b>
20	2 класс	высокий*
21	3 класс	высокий
22	3 класс	высокий
23	2 класс	высокий*
24	3 класс	высокий
25	2 класс	высокий*
26	<b>2 класс</b>	<b>низкий</b>
27	<b>2 класс</b>	<b>низкий</b>
28	<b>2 класс</b>	<b>низкий</b>
29	2 класс	высокий*
30	<b>2 класс</b>	<b>низкий</b>
31	<b>1 класс</b>	<b>низкий</b>
32	2 класс	высокий*
33	2 класс	высокий*
34	3 класс	высокий
35	3 класс	высокий
36	<b>2 класс</b>	<b>низкий</b>
37	2 класс	высокий*
38	2 класс	высокий*
39	3 класс	высокий
40	3 класс	высокий
41	3 класс	высокий
42	3 класс	высокий
43	<b>2 класс</b>	<b>низкий</b>
44	<b>2 класс</b>	<b>низкий</b>
45	3 класс	высокий
46	3 класс	высокий
47	3 класс	высокий
48	3 класс	высокий

Продуктом корреляционного анализа явилось следующее утверждение: большинство сценариев доказывают тесную связь между элементами алгоритма, что свидетельствует об их безусловной логической взаимосвязи ( $R = 0,63-0,79$ ). То есть иерархия сценариев включает коэффициенты дополняющего и уточняющего свойства и, следовательно, объясняет их причинно-следственные связи. Но стоит отметить один эпизод с незначительным уровнем коэффициента

корреляции: зависимость коэффициента «лакмусовой бумажки» от показателя движения товарных запасов составляет всего 27 %. С одной стороны, данный эпизод в некоторой степени нарушает логическую цепь оценочной процедуры, а с другой – полностью отвечает требованиям «дерева решений» (аналитическая конструкция представлена не только тесно связанными, но и разноплановыми параметрами, что всесторонне характеризует деятельность дебитора).

Таблица 9 – Сведения о тесноте связей параметров алгоритмической модели Table 9 –

Strength of links between parameters in the algorithmic model

Экономическое содержание функции	Коэффициент корреляции (R), ед.
Зависимость рейтинговой оценки кредитоспособности от рабочего капитала	0,77
Зависимость рабочего капитала от коэффициента покрытия	0,76
Зависимость коэффициента покрытия от коэффициента «лакмусовой бумажки» и коэффициента сопряженности дебиторской и кредиторской задолженности	0,79
Зависимость коэффициента «лакмусовой бумажки» от показателя движения товарных запасов	<b>0,27</b>
Зависимость коэффициента сопряженности дебиторской и кредиторской задолженности от доли кредиторской задолженности в текущих обязательствах и квоты долгов дебиторов в оборотном капитале	0,71
Зависимость квоты долгов дебиторов в оборотном капитале от показателя погашения долгов дебиторов и квоты просрочки в долгах дебиторов	0,63
Зависимость доли кредиторской задолженности в текущих обязательствах от коэффициента соизмерения кредиторской задолженности и выручки и доли просрочки в долгах перед кредиторами	0,64

На пятой стадии относительные параметры алгоритма были раздроблены на абсолютные величины с целью выявления наиболее ценных экспонентов кредитного анализа (идентифицирующих факторов). Дополнительно в общий список переменных были включены основные параметры бухгалтерского баланса предприятий. Для каждого из  $m$  наблюдений (предприятий) определялась рейтинговая оценка кредитоспособности дебитора как функция, зависящая от  $n$  ресурсов:  $y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ . Предварительный анализ моделируемого комплекса переменных проводился в режиме многовариантности, исходя из теории и практики исследуемых взаимосвязей параметров, с учетом временного фактора, с разнообразными вариантами группировки признаков с целью выявления сценария с оптимальным комплектом экспонентов. После построения иерархии регрессий, выбраковки «вредной» переменной по результатам конъюнктного анализа, устранения эффекта мультиколлинеарности, выбраковки нестабильных факторов были выдвинуты и подтверждены соответствующие гипотезы о зависимости заданных переменных [43]. По результатам корреляционно-регрессионного анализа наиболее эффективными в использовании оказались следующие переменные: оборотный капитал, собственный капитал, выручка и просроченная кредиторская задолженность (тесная связь с результативным признаком:  $R = 0,78-0,94$ ; значительная степень объяснения уровня результативного признака:  $R^2 = 0,61-0,88$ ). Причем связь признана не случайной, а закономерной. Генеральными параметрами модели признаны: собственный капитал и просроченная кредиторская задолженность, что обосновано практически: зависимость уровня чувствительности организации к риску от степени обеспеченности собственными средствами бесспорна; массивы просроченной кредиторской задолженности и ее долевое участие в общей сумме долга перед кредиторами

идентифицируют качество «кредитной истории» дебитора.

### Выводы

Резюмируя вышеизложенный материал, следует зафиксировать реализацию целевой направленности научной работы: авторами разработана, обоснована и апробирована алгоритмическая модель сегментации коммерческих дебиторов в группы кредитного риска. Главными достоинствами алгоритма являются:

- базирование на комплекте ключевых параметров (индикаторов) кредитного риска в секторе коммерческого кредита;
- использование в алгоритмической модели не уникальных, а стандартных параметров из отечественного и зарубежного опыта кредитного анализа;
- двойственный характер оценочной процедуры (обусловленный сопряженностью процессов сбора долгов и погашения кредитных обязательств в производственной сфере);
- учет регионально-отраслевой специфики функционирования организаций при фиксации рекомендуемых уровней отдельных параметров модели;
- обоснование модели тесной корреляцией взаимосвязей элементов алгоритма;
- экономия затрат времени (расчет и оценка от одного до пяти параметров) при равноценном эффекте кредитного анализа.

Алгоритмическая модель предназначена для финансовых аналитиков предприятий-кредиторов, осуществляющих предварительную оценку кредитного риска в рамках коммерческого кредитования потенциальных дебиторов. Представленная алгоритмическая модель сегментации коммерческих дебиторов предоставляет широкие возможности в оценке кредитного риска, моделировании и оптимизации кредитных процессов в производственной сфере.

### Список литературы

1. Альгин, А. П. Риск и его роль в общественной жизни / А. П. Альгин. – М. : Мысль, 1989. – 188 с.
2. Анализ финансовой отчетности / под ред. О. В. Ефимовой, М. В. Мельник. – М. : Омега-Л, 2004. – 451 с.

3. Банковское дело / под ред. О. И. Лаврушина. – 8-е изд. – М. : КНОРУС, 2009. – 768 с.
4. Банковское дело / под ред. О. И. Лаврушина. – 12-е изд. – М. : КНОРУС, 2016. – 800 с.
5. Банковское дело / под ред. В. И. Колесникова, Л. П. Кроливецкой. – 2-е изд. – М. : Финансы и статистика, 1996. – 480 с.
6. Банковское дело / под ред. В. И. Колесникова, Л. П. Кроливецкой. – 4-е изд. – М. : Финансы и статистика, 2000. – 460 с.
7. Бригхем, Ю. Финансовый менеджмент: полный курс: в 2 т. Т. 1. / Ю. Бригхем, Л. Гапенски ; пер. с англ. под ред. В. В. Ковалева. – СПб. : Экономическая школа, 1997. – 669 с.
8. Бригхем, Ю. Финансовый менеджмент: полный курс: в 2 т. Т. 2. / Ю. Бригхем, Л. Гапенски ; пер. с англ. под ред. В. В. Ковалева. – СПб. : Экономическая школа, 1997. – 673 с.
9. Бригхем, Ю. Энциклопедия финансового менеджмента / Ю. Бригхем ; пер. с англ. – М. : РАГС-Экономика, 1998. – 815 с.
10. Брычкин, А. В. Оценка кредитоспособности контрагентов и создание резервов под возможные потери по дебиторской задолженности на предприятии / А. В. Брычкин // Финансы и кредит. – 2003. – № 1 (115). – С. 3–19.
11. Вишняков, И. В. Методы и модели оценки кредитоспособности заемщиков / И. В. Вишняков. – СПб. : СПбГИЭА, 1998. – 354 с.
12. Глазунов, В. Н. Обеспечение текущей платежеспособности предприятия / В. Н. Глазунов // Финансы. – 2004. – № 3. – С. 67–69.
13. Гончаров, А. И. Система индикаторов платежеспособности предприятия / А. И. Гончаров // Финансы. – 2004. – № 6. – С. 69–70.
14. Графова, Г. Ф. К вопросу об оценке кредитоспособности предприятия-заемщика / Г. Ф. Графова // Аудитор. – 1999. – № 11. – С. 32–34.
15. Графова, Г. Ф. Об оценке кредитоспособности предприятия-заемщика / Г. Ф. Графова // Финансы. – 1999. – № 12. – С. 27–28.
16. Дубров, А. М. Моделирование рискованных ситуаций в экономике и бизнесе / А. М. Дубров, Б. А. Лагоша, Е. Ю. Хрусталева ; под ред. Б. А. Лагоши. – М. : Финансы и статистика, 2000. – 176 с.
17. Ковалев, В. В. Введение в финансовый менеджмент / В. В. Ковалев. – М. : Финансы и статистика, 2007. – 768 с.
18. Ковалев, В. В. Финансы организаций (предприятий) / В. В. Ковалев, Вит. В. Ковалев. – М. : Велби, 2003. – 352 с.
19. Ковалев, В. В. Финансовый анализ: методы и процедуры / В. В. Ковалев. – М. : Финансы и статистика, 2002. – 560 с.
20. Ли, Ч. Ф. Финансы корпораций: теория, методы, практика / Ч. Ф. Ли, И. Дж. Финнерти ; пер. с англ. Б. С. Пинскера. – М. : ИНФРА-М, 2000. – 686 с.
21. Лукасевич, И. Я. Стратегические показатели финансового анализа / И. Я. Лукасевич // Финансы. – 2002. – № 9. – С. 22–27.
22. Маркс, К. Капитал. Критика политической экономии. Т. 3. Кн. 3. Процесс капиталистического производства, взятый в целом. В 2 ч. / К. Маркс ; под ред. Ф. Энгельса. – М. : Политиздат, 1989. – 1078 с.
23. Масленченков, Ю. С. Финансовый менеджмент в коммерческом банке. Кн. 2 : Технологический уклад кредитования / Ю. С. Масленченков. – М. : Перспектива, 1996. – 191 с.
24. Просеков, А. Ю. Проблемы продовольственных кризисов России и опыт их решения / А. Ю. Просеков. – Кемерово : КемТИПП, 2018. – 240 с.
25. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gks.ru>. – Даты доступа: 18.01.2018, 09.04.2018, 11.04.2018, 16.04.2018, 27.04.2018.
26. Государственная статистика Кемеровской области [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gks.ru>. – Даты доступа: 18.01.2018, 09.04.2018, 11.04.2018, 16.04.2018, 27.04.2018.
27. Русак, Н. А. Финансовый анализ субъекта хозяйствования / Н. А. Русак, В. А. Русак. – Минск : Высшая школа, 1997. – 309 с.
28. Савчук, В. П. Управление финансами предприятия / В. П. Савчук. – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2003. – 480 с.
29. Севрук, В. Т. Анализ кредитоспособности совместных предприятий / В. Т. Севрук // Деньги и кредит. – 2003. – № 3. – С. 43–47.
30. Севрук, В. Т. Риски финансового сектора Российской Федерации / В. Т. Севрук. – М. : Финстатинформ, 2001. – 176 с.
31. Синки мл., Дж. Ф. Управление финансами в коммерческих банках / Дж. Ф. Синки мл. ; пер. с англ. 4-го перераб. изд. под ред. Р. Я. Левиты, Б. С. Пинскера. – М. : Catalaxy, 1994. – 937 с.
32. Теплова, Т. В. Финансовый менеджмент: управление капиталом и инвестициями / Т. В. Теплова. – М. : ГУ ВШЭ, 2000. – 504 с.
33. Ткачук, М. И. Основы финансового менеджмента / М. И. Ткачук, Е. Ф. Киреева. – Минск : Интерпрессервис, 2002. – 416 с.
34. Финансово-кредитный словарь: в 3 т. Т. 3 / Под ред. Н. В. Гаретовского. – М. : Финансы и статистика, 1988. – 511 с.
35. Хамская, С. Г. Оценка кредитного риска в рамках коммерческого кредитования (в форме прямых заимствований между предприятиями) : дис. ... канд. экон. наук : 08.00.10 / Хамская Светлана Геннадьевна. – Новосибирск, 2006. – 193 с.
36. Ван Хорн, Дж. К. Основы управления финансами / Дж. К. ван Хорн ; пер. с англ. под ред. И. И. Елисейевой. – М. : Финансы и статистика, 1997. – 760 с.

37. Котов, Р. М. Дискурсивный алгоритм дифференциации дебиторов по группам кредитного риска в рамках коммерческого кредитования сельскохозяйственных организаций Кемеровской области / Р. М. Котов, С. Г. Черниченко, С. А. Гильмулина // Техника и технология пищевых производств. – 2016. – № 4. – С. 180–187.
38. Шеремет, А. Д. Методика финансового анализа / А. Д. Шеремет, Р. С. Сайфулин, Е. В. Негашев. – 3-е изд. – М. : ИНФРА-М, 2001. – 208 с.
39. Экономический анализ / под ред. Л. Т. Гиляровской. – М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2002. – 615 с.
40. Общая теория денег и кредита / под ред. Е. Ф. Жукова. – 2-е изд. – М. : Финансы и статистика, 1998. – 359 с.
41. Comparative analysis of physical and chemical properties of biodegradable edible films of various compositions / L. Dyshlyuk [et al.] // Journal of Food Process Engineering. – 2017. – Vol. 40, iss. 1. – P. 123–131. <https://doi.org/10.1111/jfpe.12331>.
42. 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. 14, no. 2. – P. 201–211. <https://doi.org/10.21179/2308-4057-2016-2-201-211>.
43. Prosekov, A. Yu. Food security: The challenge of the present / A. Yu. Prosekov, S. A. Ivanova // Geoforum. – Vol. 91. – P. 73–77. <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2018.02.030>.

## References

1. Algin A.P. *Risk i ego rol' v obshchestvennoy zhizni* [Risk and its role in social life]. Moscow: Mysl' Publ., 1989. 187 p.
2. Efimova O.V., Mel'nik M.V. eds. *Analiz finansovoy otchetnosti* [Financial statements analysis]. Moscow: Omega-L Publ., 2004. 451 p.
3. Lavrushin O.I. ed. *Bankovskoye delo* [Banking]. 8th ed. Moscow: KNORUS Publ., 2009. 768 p.
4. Lavrushin O.I. ed. *Bankovskoye delo* [Banking]. 12th ed. Moscow: KNORUS Publ., 2016. 800 p.
5. Kolesnikov V.I., Krolivetskaya L.P. eds. *Bankovskoye delo* [Banking]. 2nd ed. Moscow: Finansy i statistika Publ., 1996. 480 p.
6. Kolesnikov V.I., Krolivetskaya L.P. eds. *Bankovskoye delo* [Banking]. 4th ed. Moscow: Finansy i statistika Publ., 2000. 460 p.
7. Brigham E.F., Gapenski L.C. *Intermediate financial management*. 4th ed. Fort Worth, Dryden Press, 1993. 1122 p. (Russ. ed.: Kovalev V.V. *Finansovyy menedzhment: polnyy kurs*. Vol. 1. St.Petersburg, Ekonomicheskaya shkola Publ., 1997. 669 p.).
8. Brigham E.F., Gapenski L.C. *Intermediate financial management*. 4th ed. Fort Worth, Dryden Press, 1993. 1122 p. (Russ. ed.: Kovalev V.V. *Finansovyy menedzhment: polnyy kurs*. Vol. 2. St.Petersburg, Ekonomicheskaya shkola Publ., 1997. 673 p.).
9. Brigham E.F., Houston F.H. *Fundamentals of Financial Management*. 8th ed. New York, Dryden Press, 1998. 898 p. (Russ. ed.: *Brighem Yu. Entsiklopediya finansovogo menedzhmenta*. Moscow, RAGS-Ekonomika Publ., 1998. 815 p.).
10. Brychkin A.V. Otsenka kreditosposobnosti kontragentov i sozdaniye rezervov pod vozmozhnyye poteri po debitorskoy zadolzhennosti na predpriyatii [Assessment of contracting party repayment capacity and accumulation of reserves for financing possible loss incurred due to receivables non-payment]. *Finansy i kredit* [Finance and Credit], 2003, vol. 1(115), pp. 3–19.
11. Vishnyakov I.V. *Metody i modeli otsenki kreditosposobnosti zayemshchikov* [Methods and models for borrowing company repayment capacity assessment]. St.Petersburg: SPbGIEU Publ., 1998. 354 p.
12. Glazunov V.N. Obespecheniye tekushchey platezhesposobnosti predpriyatiya [Securing current borrowing company repayment capacity]. *Finansy* [Finance], 2004, no. 3, pp. 67–69.
13. Goncharov A.I. Sistema indikatorov platezhesposobnosti predpriyatiya [Company repayment capacity indicator system]. *Finansy* [Finance], 2004, no. 6, pp. 69–70.
14. Grafova G.F. K voprosu ob otsenke kreditosposobnosti predpriyatiya-zayemshchika [On borrowing company repayment capacity assessment]. *Auditor* [Auditor], 1999, no. 11, pp. 32–34.
15. Grafova G.F. Ob otsenke kreditosposobnosti predpriyatiya-zayemshchika [On assessment of the borrowing company repayment capacity]. *Finansy* [Finance], 1999, no. 12, pp. 27–28.
16. Dubrov A.M., Lagosha B.A., Khrustalev E.Y.; Lagosha B.A. ed. *Modelirovaniye riskovykh situatsiy v ekonomike i biznese* [Modelling of risky situations in economy and business]. Moscow: Finansy i statistika Publ., 2000. 176 p.
17. Kovalev V.V. *Vvedeniye v finansovyy menedzhment* [Introduction to financial management]. Moscow: Finansy i statistika Publ., 2007. 768 p.
18. Kovalev V.V., Kovalev Vit.V. *Finansy organizatsiy (predpriyatiy)* [Corporate finances]. Moscow: Velbi Publ., 2003. 352 p.
19. Kovalev V.V. *Finansovyy analiz: metody i protsedury* [Financial analysis: methods and procedures]. Moscow: Finansy i statistika Publ., 2001. 560 p.
20. Lee C.F., Finnerty J.E. *Corporate finance: theory, method, and applications*. San Diego, Harcourt Brace Jovanovich, 1990. 765 p. (Russ. ed.: Pinsker B.S. *Finansy korporatsiy: teoriya, metody, praktika*. Moscow, INFRA-M Publ., 2000. 686 p.).
21. Lukasevich I.Ya. *Strategicheskiye pokazateli finansovogo analiza* [Financial analysis strategic indicators]. *Finansy* [Finance], 2002, no. 9, pp. 22–27.
22. Marx K., (Engels F. ed.). *Capital. A critique of political economy. Vol. 3. Book 3. The process of capitalist production as a whole* (Russ. ed.: *Kapital. Kritika politicheskoy ekonomii. T. 3. Kn. 3. Protsess kapitalisticheskogo proizvodstva, vzyaty v tselom. Ch. 1, 2*. Moscow, Politizdat Publ., 1989. 508 p.).
23. Maslennikov Yu.S. *Finansovyy menedzhment v kommercheskom banke. Kn. 2: Tekhnologicheskyy uklad kreditovaniya* [Financial management in a commercial bank. Vol. 2. Technological paradigm of lending]. Moscow: Perspektiva Publ., 1996. 191 p.

24. Prosekov A. Yu. *Problemy prodovol'stvennykh krizisov Rossii i opyt ikh resheniya* [Problemy prodovol'stvennykh krizisov Rossii i opyt ikh resheniya]. Kemerovo: Kemerovo Institute of Food Science and Technology Publ., 2018. 240 p.
25. *Federal'naya sluzhba gosudarstvennoy statistiki* [Federal state statistics service]. Available at: <http://www.gks.ru> (accessed 18 January 2018; 9, 11, 16, 27 April 2018).
26. *Gosudarstvennaya statistika Kemerovskoy oblasti* [State statistics of the Kemerovo region]. Available at: <http://www.gks.ru> (accessed 18 January 2018; 9, 11, 16, 27 April 2018).
27. Rusak N.A., Rusak V.A. *Finansovyy analiz sub'yekta khozyaystvovaniya* [Economic entity financial analysis]. Minsk: Vysshaya shkola Publ., 1997. 309 p.
28. Savchuk V.P. *Upravleniye finansami predpriyatiya* [Corporate finance management]. Moscow: BINOM. Laboratoriya znaniy Publ., 2003. 480 p.
29. Sevruck V.T. Analiz kreditosposobnosti sovmestnykh predpriyatij [Joint venture repayment capacity analysis]. *Den'gi i kredit* [Money and Credit], 2003, no. 3, pp. 43–47.
30. Sevruck V.T. *Riski finansovogo sektora Rossiyskoy Federatsii* [Risks in the financial sector of the Russian Federation]. Moscow: Finstatinform Publ., 2001. 176 p.
31. Sinkey J.F. *Commercial bank financial management in the financial services industry*. 4th ed. New York, Macmillan Coll Div, 1992. 800 p. (Russ. ed.: Levita R.Y., Pinsker B.S. *Upravleniye finansami v kommercheskikh bankakh*. Moscow, Catallaxy Publ., 1994. 937 p.).
32. Teplova T.V. *Finansovyy menedzhment: upravleniye kapitalom i investitsiyami* [Financial management: capital and investments management]. Moscow: HSE Publ., 2000. 504 p.
33. Tkachuk M.I., Kireeva E.F. *Osnovy finansovogo menedzhmenta* [Financial management basics]. Minsk: Interpresservis Publ., 2002. 416 p.
34. Garetovskiy N.V. ed. *Dictionary of financial and credit terms. Vol. 3*. Moscow: Finansy i statistika Publ., 1988. 511 p.
35. Khamskaya S.G. *Otsenka kreditnogo riska v ramkakh kommercheskogo kreditovaniya (v forme pryamykh zaimstvovaniy mezhdru predpriyatiyami. Diss. kand. ekon. nauk.* [Assessment of credit risk in the framework of commercial lending (in the form of direct borrowing between enterprises). Cand. econ. sci. diss.]. Novosibirsk, 2006. 193 p.
36. Van Horn J.C. *Fundamentals of financial management*. Englewood Cliffs, Prentice Hall, 1971. 516 p. (Russ. ed.: Eliseeva I.I. *Osnovy upravleniya finansami*. Moscow: Finansy i statistika Publ., 1997. 760 p.).
37. Kotov R.M., Chernichenko S.G., Gilmulina S.A. Diskursivnyy algoritm differentsiatsii debitorov po gruppam kreditnogo riska v ramkakh kommercheskogo kreditovaniya sel'skokhozyaystvennykh organizatsiy Kemerovskoy oblasti [Discourse algorithm of debtors' differentiation for credit risk groups in commercial crediting of agricultural enterprises of the Kemerovo region]. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv* [Food Processing: Techniques and Technology], 2016, vol. 43, no. 4, pp. 180–187.
38. Sheremet A.D., Saifulin R.S., Negashev E.V. *Metodika finansovogo analiza* [Financial analysis procedures]. 3rd ed. Moscow: INFRA-M Publ., 2001. 208 p.
39. Gilyarovskaya L.T. ed. *Ekonomicheskyy analiz* [Economic analysis]. Moscow: YUNITI-DANA Publ., 2002. 615 p.
40. Zhukov E.F. ed. *Obshchaya teoriya deneg i kredita* [Money and credit general theory]. Moscow: Finansy i statistika Publ., 1998. 359 p.
41. Dyshlyuk L., Babich O., Belova D., Prosekov A. Comparative analysis of physical and chemical properties of biodegradable edible films of various compositions. *Journal of Food Process Engineering*, 2017, vol. 40, iss. 1, pp. 123–131. <https://doi.org/10.1111/jfpe.12331>.
42. Prosekov A.Yu., 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. 14, no. 2, pp. 201–211. <https://doi.org/10.21179/2308-4057-2016-2-201-211>.
43. Prosekov A.Yu., S.A. Ivanova. Food security: The challenge of the present. *Geoforum*, vol. 91, pp. 73–77. <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2018.02.030>.

**Черниченко Светлана Геннадьевна**

канд. экон. наук, доцент кафедры бухгалтерского учета, анализа, аудита и налогообложения, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: 8-960-935-8740, e-mail: chernichenko66@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-0172-3783>

**Котов Роман Михайлович**

канд. экон. наук, доцент, проректор по учебной работе, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: 8-906-978-7273, e-mail: rmkotov@mail.ru

**Svetlana G. Chernichenko**

Cand.Sci.(Econ.), Associate Professor of the Department of Accounting, Analysis, Audit and Taxation, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: 8-960-935-8740, e-mail: chernichenko66@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-0172-3783>

**Roman M. Kotov**

Cand.Sci.(Econ.), Associate Professor, Vice-Rector for Academic Affairs, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: 8-906-978-7273, e-mail: rmkotov@mail.ru



## 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.....

.....

.....

$$\dots\dots\dots h = h_0 \cdot \left( 1 - \frac{l \cdot \operatorname{tg} \theta}{2 \cdot h_0} \right), \quad (1)$$

где  $l$  – ширина лопасти ротора.

.....

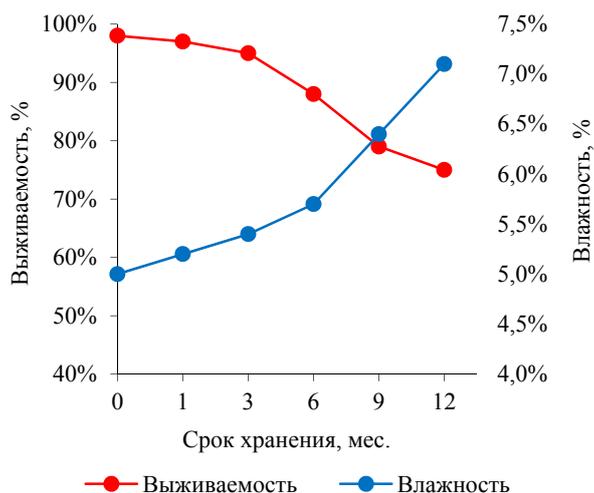


Рисунок 1 – Результаты анализа выживаемости бактериальных клеток закваски прямого внесения в процессе хранения

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 kontsentratorov 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)  
№ 2 (48), 2018**

Ответственный за выпуск *А.И. Лосева*

Литературный редактор *А. В. Стародубцева*

Литературный редактор (англ. язык) *А. А. Телегуз*

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. 22,98. Уч.-изд. л. 44,48.

Тираж                      экз. Заказ №                      Цена свободная.

*Адрес редакции:*

650000, Россия, Кемеровская обл., г. Кемерово, ул. Красная, 6

*Адрес типографии:*

650000, Россия, Кемеровская обл., г. Кемерово, ул. Мичурина, 13 А