

Министерство образования
и науки Российской Федерации
Кемеровский государственный
университет

ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

(FOOD PROCESSING:
TECHNIQUES AND TECHNOLOGY)

№ 4 (48), 2018

Научный журнал
Издается с 1998 года

Учредитель:

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

Адрес редакции и издателя:

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

Адрес типографии:

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

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

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

Дата выхода в свет
Усл. п. л. 19,75. Уч.-изд. л. 39,95.
Тираж 100 экз. Заказ №
Цена свободная.

Выходит 4 раза в год

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

Ответственный за выпуск

А. И. Лосева

Литературный редактор

А. Ю. Курникова

Литературный редактор (англ. язык)

Н. В. Рабкина

Дизайн и компьютерная верстка

М. В. Горбунова

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

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

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

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, Видное, Россия;

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

Редакционная коллегия:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕХНОЛОГИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

<i>Буянова И. В., Лупинская С. М., Лобачева Е. М.</i> Технологические аспекты холодильного хранения белковых молочных продуктов.....	5
<i>Иванова С. А.</i> Пенообразующие свойства концентрата белков обезжиренного молока.....	12
<i>Колодязная В. С., Шестопалова И. А., Кипрушкина Е. И., Rogozina E. A., Головинская О. В.</i> Оптимизация технологических параметров биомодификации свойств мяса страуса с применением коллагеназы.....	22
<i>Кригер О. В., Носкова С. Ю.</i> Разработка приемов длительного сохранения свойств молочнокислых микроорганизмов.....	30
<i>Кукин М. Ю.</i> Изучение закономерностей получения импортозамещающей пищевой добавки Е316 – изоаскорбата натрия.....	39
<i>Мазеева И. А., Короткий И. А., Плотников И. Б.</i> Современные упаковочные решения для концентрата сывороточных белков.....	48
<i>Меледина Т. В., Давыденко С. Г., Головинская О. В., Шестопалова И. А., Морозов А. А.</i> Использование нового штамма дрожжей в хлебопечении.....	59
<i>Мышалова О. М., Гуринович Г. В., Патракова И. С., Серегин С. А.</i> Совершенствование технологии посола ферментированных продуктов из мяса маралов.....	66
<i>Ногина А. А., Тихонов С. Л., Тихонова Н. В.</i> Разработка и исследование влияния биоразлагаемых пленок на показатели свежести мясных полуфабрикатов.....	73

АВТОМАТИЗАЦИЯ И ИНФОРМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

<i>Ахмедова А. А., Шевцова Т. Г., Котляров Р. В., Кроль А. Н.</i> Оценка надежности работы системы извещения о пожаре.....	79
--	----

БИОТЕХНОЛОГИЯ

<i>Деревщикова М. И., Сыромятников М. Ю., Попов В. Н.</i> Использование молекулярно-генетических методов для микробиологического контроля пищевой продукции.....	87
<i>Кхань Н. Т. М., Чанг Н. Т., Мань Л. Д., Куанг Л. Х.</i> Новый штамм <i>Saccharomyces cerevisiae</i> A112 для получения биомасс, обогащенных цинком.....	114

ПРОЦЕССЫ, ОБОРУДОВАНИЕ И АППАРАТЫ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

<i>Школьникова М. Н., Бакин И. А. Мустафина, А. С., Алексенко Л. А.</i> Оптимизация процессов получения экстрактов фитобиотических фармсубстанций ягодного сырья.....	121
<i>Романчиков С. А.</i> Электрическая плита ПЭ-УИЭВ.....	131

ЭКОНОМИКА

<i>Жидкова Е. А.</i> Контроллинг как основа эффективного управления на предприятиях агропромышленного комплекса.....	139
--	-----

СТАНДАРТИЗАЦИЯ, СЕРТИФИКАЦИЯ, КАЧЕСТВО И БЕЗОПАСНОСТЬ

<i>Бадмаева И. И., Гамкова О. В., Мищенков И. В.</i> Особенности разработки программы НАССР на пищеблоках в учреждениях здравоохранения.....	147
<i>Мухиддинов А. Р., Попов А. М., Бобоходжаев Р. И., Шарипов И. О., Сорочкин М. С.</i> Особенности формирования кожного покрова памирского экотипа яков северного Таджикистана.....	157

ИНФОРМАЦИЯ

Порядок рассмотрения и рецензирования.....	165
Требования к оформлению статьи.....	165

The Ministry of Education and
Science of the Russian
Federation

Kemerovo State University

FOOD PROCESSING: TECHNIQUES AND TECHNOLOGY

No. 4, Vol. 48, 2018

Scientific Journal

Issued since 1998

Publishing editor

A.I. Loseva

Script editor

A.Yu. Kurnikova

Script editor (Eng)

N.V. Rabkina

Layout of magazine

M.V. Gorbunova

Issued 4 times a year

ISSN 2074-9414 (Print)

ISSN 2313-1748 (Online)

Founder and publisher:

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

Printing Office:

Sovetskiy Ave. 73, Kemerovo,
650000, Russia

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

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

Date of issue

Printed sheet 19,75.

Conventional printed sheet 39,95.

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

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

Deputy Chief Editor

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

Editorial Board

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Andrey G. Khramtsov, 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

FOOD PRODUCTION TECHNOLOGY

<i>Buyanova I.V., Lupinskaja S.M., Lobacheva E.M.</i> Technological Aspects of Cold Storage of Protein Dairy Products.....	5
<i>Ivanova S.A.</i> The Foaming Properties of Skim Milk Protein Concentrate.....	12
<i>Kolodyaznaya V.S., Shestopalova I.A., Kiprushkina E.I., Rogozina E.A., Golovinskaia O.V.</i> Biomodification of Ostrich Meat Properties with Collagenase: Optimization of Technological Parameters.....	22
<i>Kruger O.V., Noskova S.Yu.</i> Properties of Lactic Acid Microorganisms: Long-Term Preservation Methods.....	30
<i>Kukin M.Yu.</i> Import-Substituting Food Additive E316 (Sodium Isoascorbate): Production Patterns.....	39
<i>Maseeva I.A., Korotkiy I.A., Plotnikov I.B.</i> Modern Packaging Solutions for Whey Protein Concentrate.....	48
<i>Meledina T.V., Davydenko S.G., Golovinskaia O.V., Shestopalova I.A., Morozov A.A.</i> New Yeast Strain in Baking Industry.....	59
<i>Myshalova O.M., Gurinovich G.V., Patrakova I.S., Seregin S.A.</i> Improving the Salting Technology for Fermented Maral Meat Products.....	66
<i>Nogina A.A., Tikhonov S.L., Tikhonova N.V.</i> The Influence of Biodegradable Food Films on Freshness Indices of Semi-Finished Meat Products.....	73

AUTOMATION AND INFORMATIONAL SUPPORT OF TECHNOLOGICAL PROCESSES

<i>Akhmedova A.A., Shevtsova T.G., Kotliarov R.V., Krol A.N.</i> Estimation of Reliability of Fire Alarm System.....	79
--	----

BIOTECHNOLOGY

<i>Derevshchikova M.I., Syromyatnikov M.Yu., Popov V.N.</i> Molecular Genetic Methods in Microbiological Control of Food Products.....	87
<i>Khanh N.T.M., Trang N.T., Manh L.D., Quang L.H.</i> New Strain <i>Saccharomyces cerevisiae</i> A112 for the Production of Zinc-Fortified Biomass.....	114

PROCESSES, EQUIPMENT, AND APPARATUS FOR FOOD PRODUCTION

<i>Shkolnikova M.N., Bakin I.A., Mustafina A.S., Aleksenko L.A.</i> Extracting Vitabiotic Pharmaceutical Substances from Berry Raw Materials: Optimization of Processes.....	121
<i>Romanchikov S.A.</i> Convection Type Electric Stove with Air Ionization.....	131

ECONOMICS

<i>Zhidkova E.A.</i> Controlling as a Basis for Effective Management in Enterprises of the Agro-Industrial Complex.....	139
---	-----

STANDARDIZATION, CERTIFICATION, QUALITY AND SAFETY

<i>Badmaeva I.I., Gamkova O.V., Mishchenkov I.V.</i> Specifics of the HACCP program at Nutrition Departments on Health Institutions.....	147
<i>Muhiddinov A.R., Popov A.M., Bobohojaev R.I., Sharipov I.O., Sorochkin M.S.</i> The Pamir Yaks of North Tajikistan: Specifics of Hide Formation.....	157

INFORMATION

The procedure for article consideration and review.....	165
Requirements for the article formatting.....	165

Технологические аспекты холодильного хранения белковых молочных продуктов

И. В. Буянова^{*}, С. М. Лупинская, Е. М. Лобачева

Дата поступления в редакцию: 18.11.2018
Дата принятия в печать: 28.12.2018

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

*e-mail: milk@kemsu.ru



© И. В. Буянова, С. М. Лупинская, Е. М. Лобачева, 2018

Аннотация. На современном этапе рынок молока развивается. Из-за развивающегося сотрудничества между странами по продуктам питания наиболее востребованы те, которые обладают повышенной хранимоспособностью. В связи с этим одной из главных задач производителей является круглогодичные поставки на рынок молока высококачественных и стойких в хранении молочных продуктов. Рассматриваются закономерности холодильного хранения белковых молочных продуктов при различных режимах в охлажденном, подмороженном и замороженном состоянии. Использование низких температур на уровне точки замерзания, низких отрицательных температур ($-20\text{ }^{\circ}\text{C}$) решает вопросы увеличения сроков годности творога, творожных продуктов, плавленых сыров. В качестве экспериментального стенда использовался плиточный скороморозильный аппарат. Искусственный холод признан в мировой практике как наиболее эффективный, экологически безопасный и доступный способ консервирования. Низкие температуры решают проблемы сохранения качества и снижения микробиологических рисков. Проводили исследования по изменению органолептических и физико-химических показателей в течение продолжительного хранения многокомпонентных продуктов на основе творога и плавленых сыров, обогащенных компонентами растительного сырья: брусники, крапивы, черемши, щавеля и шиповника, из которого готовили композиции с учетом оценки их вкуса и состава. По комплексу показателей качества установлены условия и сроки гарантированного качества белковых молочных продуктов при холодильном хранении

Ключевые слова. Хранение, низкие температуры, творожные продукты, плавленые сыры с дикорастущим сырьем, быстрое замораживание, сроки годности, микробиологическая безопасность

Для цитирования: Буянова, И. В. Технологические аспекты холодильного хранения белковых молочных продуктов / И. В. Буянова, С. М. Лупинская, Е. М. Лобачева // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 4. – С. 5–11. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-4-5-11>.

Original article

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

Technological Aspects of Cold Storage of Protein Dairy Products

I.V. Buyanova, S.M. Lupinskaja, E.M. Lobacheva

Received: November 18, 2018
Accepted: December 28, 2018

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

*e-mail: milk@kemsu.ru



© I.V. Buyanova, S.M. Lupinskaja, E.M. Lobacheva, 2018

Abstract. The dairy market is currently evolving very fast, and the cooperation between countries is developing. As a result, the most popular dairy products are those with better storage stability. In this regard, one of the main tasks of the producers is a year-round supply of high-quality dairy products. Refrigeration is the most effective, environmentally safe, and affordable way of preserving food. Low temperature of minus 20°C increases the shelf life of cottage cheese, curd products, and cream cheeses, preserves their quality, and reduces the microbiological risks. The present research features the specifics of cold storage of protein dairy products at chilled, subfrozen, and frozen modes. The experiment involved a multiple freezing unit. The authors studied the organoleptic and physico-chemical indicators of multi-component dairy products based on processed and cottage cheeses that were fortified with plant material (cranberries, nettle, ramson, sorrel, wild rose, etc.) during prolonged storage. The taste and composition of dishes based on the dairy products mentioned above were assessed by panelists. The quality indicators helped to establish the best terms and conditions for fridge storage of the protein dairy products in question.

Keywords. Storage, low temperatures, cottage cheese products, cream cheese with plant raw materials, rapid freezing, shelf life, microbiological safety

For citation: Buyanova I.V., Lupinskaja S.M., and Lobacheva E.M. Technological Aspects of Cold Storage of Protein Dairy Products. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2018, vol. 48, no. 4, pp. 5–11. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-4-5-11>.

Введение

Основной ассортимент молочных продуктов является скоропортящимся и сохранить их качества по всей холодильной цепи, включая домашний холодильник, актуальная задача пищевой технологии. На рынке молока и молочных продуктов наиболее востребованными считаются продукты с длительными сроками хранения [1, 2]. В рыночных условиях предприятия отрасли ориентированы на ассортимент продуктов высокого качества, имеющие продолжительное время хранения.

В связи с этим актуальными для производителей остаются вопросы по снижению сезонности в производстве и поставках в течение года молочных продуктов в торговую сеть. Формируя резервное сырье и продукты на межсезонный период, решается основная для молочной промышленности проблема по снижению влияния периода «большого молока» при выпуске цельномолочных продуктов с короткими сроками годности. Производство продуктов с такими свойствами актуально для международной торговли, для поставок в дальние труднодоступные регионы, районы с жарким климатом. В пищевой отрасли данная тенденция рассматривается как важнейшая для эффективной работы молочных комбинатов по рациональному использованию сырьевых ресурсов [1–10].

В пищевой биотехнологии применяют много средств и способов для повышения хранимоспособности продуктов. Вносят в пищевую систему различные группы консервантов и антиокислителей, проводят пастеризацию и стерилизацию, применяют различные виды упаковочных материалов с герметизацией швов и защитных покрытий, низкие криоскопические, субкриоскопические и ультранизкие температуры. Проведя оценку методам сохранения качества пищевых продуктов в процессе холодильного хранения, установили, что они вызывают различный характер изменений из-за разной степени торможения биохимических и химических реакций порчи [10–15, 17, 18].

Исследователями Кемеровского государственного университета создано научное направление, в рамках которого решаются научно-исследовательские задачи по выпуску стойких в хранении молочных продуктов на базе принципов холодильной технологии, нетрадиционного концентрирования молочного сырья.

Применение принципов низких температур и искусственного холода стало основной деятельностью в изучении научных и практических основ низкотемпературного хранения цельномолочных продуктов, сыров.

Способ быстрого замораживания, как основной и экологически безопасный, применяется в России и за рубежом для продления сроков хранения творога, творожных продуктов, полутвердых, мягких и рассольных сыров.

Состояние вопроса говорит о необходимости продления исследований в области низких температур и о влиянии их на физико-химические

показатели полутвердых сыров, температурных режимах хранения и размораживания. Ранее проведенные исследования являются основанием для их продолжения применительно к отечественным видам сыров [1, 2, 7, 8, 16].

Искусственный холод признан в мировой практике как наиболее эффективный, экологически безопасный и доступный способ консервирования. Низкие температуры решают проблемы сохранения качества и снижения микробиологических рисков. Только фазовый переход влаги в устойчивое кристаллическое состояние приостанавливает развитие микроорганизмов, скорость биохимических реакций, сдерживает изменения в объектах хранения.

В рамках этих исследований проводили изучение температурных параметров холодильного хранения и их влияние на органолептические, физико-химические и микробиологические показатели творога и творожных продуктов, плавленых сыров различных видовых групп с обоснованием сроков годности. Применение низких температур для хранения может вызвать минимальные изменения по целому комплексу показателей качества (особенно это касается усушки продукта), при этом удовлетворительно сохраняя натуральные первоначальные свойства, питательную ценность, продляя сроки годности в несколько раз по сравнению с традиционными режимами хранения молочных продуктов. Существует мнение специалистов в пользу использования охлаждения и замораживания продуктов, как экономически выгодных способов по затратам энергии на холодильную обработку, которые значительно ниже затрат на высокотемпературную обработку.

Цель исследования – разработка теоретических и практических основ холодильного хранения с целью максимального сохранения натуральных свойств белковых молочных продуктов перед реализацией с обоснованием режимных параметров хранения.

Объекты и методы исследования

Изучали три группы объектов исследований – творог с различной массовой долей жира, жирные и полужирные виды творожных продуктов: творожная масса жирная с курагой, сырок глазированный жирный с какао 23 % жирности; сырок творожный с изюмом; десерт творожный «Творожок» с бананом; паста пастеризованная молочная с творожным кремом ароматизированная «Чудо творожное» 4 % жирности. Объектами служили группа плавленых сыров с дикорастущим сырьем брусники, крапивы, черемши, щавеля и шиповника

Для получения мелко расфасованного продукта перед испытаниями его порционировали массой 0,1–0,2 кг. Упаковка – алюминиевая фольга, прозрачная полистироловая баночка с крышкой.

В состав рецептур творожных продуктов входит сырье различного химического состава: молочного и растительного происхождения. Ингредиенты рецептурной смеси тщательно подбираются по

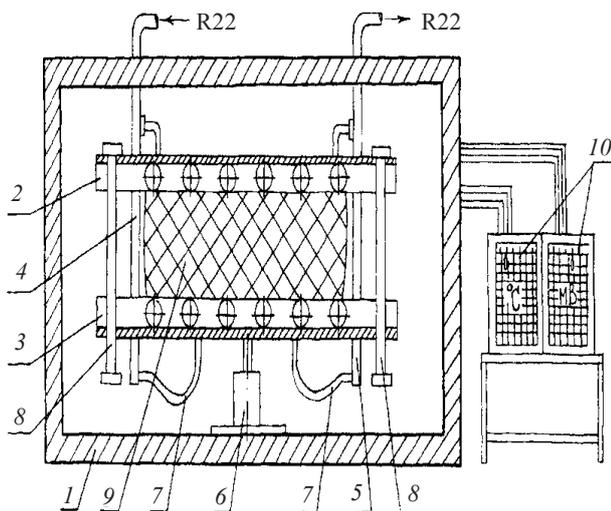


Рисунок 1 – Плиточный морозильный аппарат

1 – теплоизолированный контур; 2 – неподвижная морозильная плита; 3 – подвижная морозильная плита; 4 – вертикальный жидкостной коллектор; 5 – паровой вертикальный коллектор; 6 – гидравлический цилиндр; 7 – гибкие шланги для соединения коллектора с подвижной морозильной плитой; 8 – вертикальные стойки; 9 – замораживаемый объект; 10 – автоматический потенциометр

Figure 1 – Multiple freezing unit

1 – insulated circuit; 2 – fixed freezer; 3 – movable freezer; 4 – vertical fluid manifold; 5 – vertical steam collector; 6 – hydraulic cylinder; 7 – flexible hoses for connecting the collector with a movable freezer plate; 8 – vertical racks; 9 – product; 10 – automatic potentiometer

органолептическим свойствам и по способности образовывать гомогенную, однородную смесь пластичной консистенции.

При производстве плавленых сыров использовали дикорастущее сырье брусники, крапивы, черемши, щавеля и шиповника, из которого готовили композиции с учетом оценки их вкуса и состава. Для получения гомогенной системы дикорастущего сырья (ГСДС) после предварительной подготовки дикорастущее сырье гомогенизировали на установке УГМ. Для получения концентрата дикорастущего сырья (КДС) концентрировали сухие вещества гомогенной системы сырья в условиях вакуума до содержания сухих веществ 50–55 %.

В ходе исследований применяли стандартные, а также нетрадиционные методы исследований по определению физико-химических и органолептических показателей. Математический метод статистической обработки применяли для последующего построения математических моделей изучаемого процесса с использованием программ обработки Mathcad, Microsoft Excel.

Для проведения исследований по замораживанию мелко расфасованных творожных продуктов воздушным способом применяли экспериментальную установку, схема которой показана на рисунке 1.

Контролировали режим температур в рабочей камере и образце продукта в ходе быстрого

замораживания с помощью автоматического электронного потенциометра КСП – 4 со шкалой от $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$ класса точности 0,5.

Хромель-копелевые термопары с диаметром спая 0,3 мм использовали как чувствительный элемент для получения достоверных данных по эксперименту.

Температура замораживания на уровне $-40\text{--}42\text{ }^{\circ}\text{C}$ на поверхности плиты морозильного аппарата поддерживалась за счет подачи жидкого хладагента.

Исследуемые продукты помещали на плиту морозильной камеры и замораживали до температуры $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Данная величина определена как заданная среднеобъемная температура продукта равная температуре дальнейшего хранения.

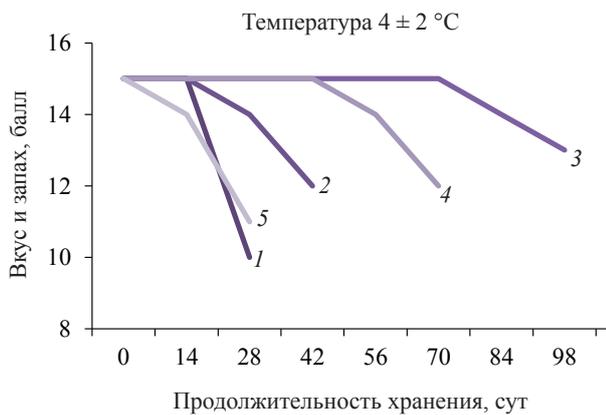
Результаты и их обсуждение

Анализ полученных термограмм замораживания показал скорость процесса фазового перехода воды в лед, химический состав объекта и скорость кристаллизации воды [14]. Результаты по термограммам показали низкие значения точки замерзания объектов исследования, которая находилась в интервале температур от $-2,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $-9\text{ }^{\circ}\text{C}$. Установили следующие значения: для молочной пасты с творожным кремом нежирного пастеризованного фруктового «дыня-манго» $-2,5\text{ }^{\circ}\text{C}$; для творожного крема нежирного с вишней $-2,3\text{ }^{\circ}\text{C}$; для десерта творожного термизированного нежирного с бананом $-3,4\text{ }^{\circ}\text{C}$; для сырка творожного жирного с изюмом $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$; для творожной массы жирной с курагой $-6,2\text{ }^{\circ}\text{C}$; для сырка глазированного жирного с какао $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Для каждого вида творожных продуктов установлена нижняя температурная граница хранения в охлажденном состоянии без подмораживания. Значения точки замерзания (криоскопической температуры) особенно важны для организации реализации и транспортировки в разные регионы страны различными видами транспорта.

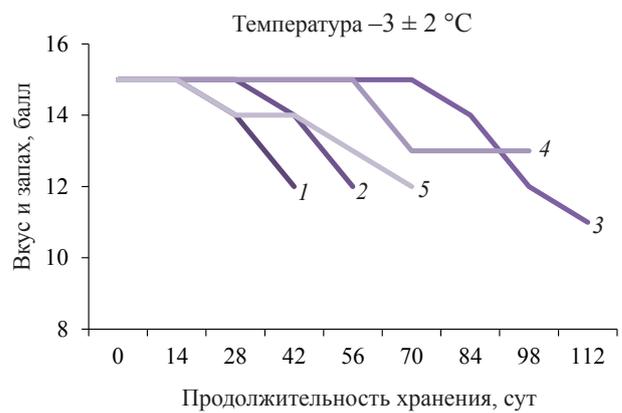
Группы пищевых добавок и биологически активных компонентов в составе творожных продуктов регулируют аминокислотный, липидный, углеводный состав. Продукты сложного состава отличает богатый и разносторонний минеральный и витаминный состав, повышающий биологическую ценность молочного продукта. Таким образом, химический состав рецептурной творожной смеси значительно влияет на формирование значений величины криоскопической температуры и на длительность хранения с прогнозированием их качества.

Творожные продукты многокомпонентны, составом и свойствами которых можно управлять за счет различного сырья. В их состав входят различные фруктово-ягодные композиции, растительные масла, овощные культуры, злаковые и крахмалсодержащие полуфабрикаты, пищевые растения, экстракты травы, витаминные или



1 – творожный сырок 2 – паста творожная
3 – десерт творожный 4 – глазированный сырок
5 – творожная масса

Рисунок 2 – Изменение вкуса и запаха охлажденных творожных продуктов в процессе хранения
Figure 2 – Changes in the taste and smell of chilled curd products during storage



1 – творожный сырок 2 – паста творожная
3 – десерт творожный 4 – глазированный сырок
5 – творожная масса

Рисунок 3 – Изменение вкуса и запаха переохлажденных творожных продуктов в процессе хранения
Figure 3 – Changing in the taste and smell of overcooled curd products during storage

минеральные премиксы, шоколадные наполнители, ароматизаторы, пищевые красители, стабилизаторы структуры. Ассортимент готовых продуктов расширяется за счет внесения в состав рецептуры вкусовых и ароматических веществ, среди которых мед, какао, орехи, сахар, изюм, цукаты, курага, перец, поваренная соль, ванилин, сливки, сметана, йогурты и другие ингредиенты.

При изучении особенностей технологии творожных продуктов, как объектов хранения, были найдены характерные показатели химического состава, которые в большей степени влияют на фазовый переход воды в лед и косвенно будут воздействовать на изменение качества. Содержание воды, жира и белка определяют поведение продукта в условиях низких температур.

В высокожирных творожных продуктах, таких как глазированные сырки и массы, действие кристаллообразования на консистенцию будет смягчающим. Отметим, что чем выше массовая доля жира в продукте, тем ниже будет значение точки замерзания. Так, точка замерзания сырка творожного глазированного с какао 23 % жирности составляет $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$, а творожной массы 23 % жирности $-6,2\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Холодильной обработке подвергали исследуемые творожные продукты, соблюдая различные температурные режимы: охлаждение при $4 \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$, переохлаждение при $-3 \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$, замораживание при $-20 \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Через каждые 14 суток хранения определяли изменение органолептических свойств исследуемых образцов, устанавливая 5 контрольных точек (через 14, 28, 42, 56, 70 суток хранения). Результаты исследований показаны на рис. 2,3.

Органолептические показатели в ходе хранения представили зависимость от двух главных факторов – сроков и температуры хранения. При хранении опытных образцов при температуре $4 \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ через 35 суток творожная масса жирная с курагой была

снята с хранения, молочная паста с творожным кремом через 43 суток, а творожный крем нежирный с вишней только через 57 суток хранения.

Хранение продуктов в переохлажденном состоянии при $-3 \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ характеризуется большей степенью торможения микробиологических и химических реакций без фазового перехода воды в лед. Так, в творожной массе жирной с курагой отмечалось небольшое отделение сыворотки на 60 сутки хранения и балльная оценка за консистенцию была снижена с 9 до 7 баллов. Консистенция глазированного творожного сырка не изменялась в течение 90 суток хранения. В творожном термизированном десерте с бананом резкое снижение балльной оценки за консистенцию с 8 до 7 баллов наблюдалось после 105 суток хранения при $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$. После 112 суток хранения появился дрожжевой запах и органолептическая оценка снижена до 11 баллов. Рекомендуемый срок хранения при температуре $0 \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение 1–4,5 мес.

Замороженные продукты более стойки при хранении, чем охлажденные, поскольку кристаллизация воды исключает возможность развития посторонних микроорганизмов. Хранение замороженных продуктов осуществляли при $-20 \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Замораживая продукт, необходимо стремиться к сохранению его питательных и вкусовых свойств.

Сравнительная органолептическая оценка творожных продуктов, хранившихся при различных температурных режимах, представлена на рис. 4.

Таким образом, при температуре $-20\text{--}25\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение 4–6 месяцев творожные продукты удовлетворительно сохраняют физико-химические и органолептические свойства. Быстрое замораживание на скороморозильных аппаратах увеличивает стойкость в хранении до 8–10 месяцев.

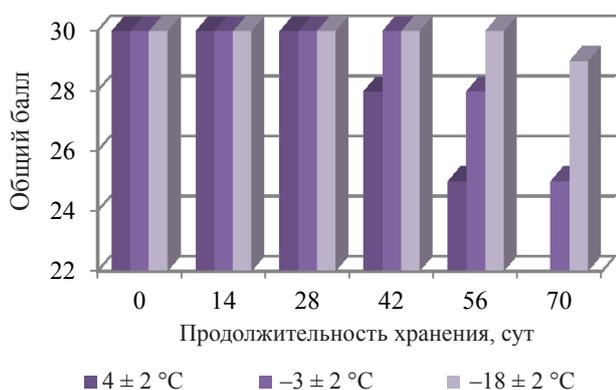


Рисунок 4 – Общая балльная оценка творожного крема нежирного с вишней в процессе хранения при температурных режимах: 4 ± 2 °C; -3 ± 2 °C; -18 ± 2 °C

Figure 4 – Total score for low-fat cottage cheese cream with cherries during storage at 4 ± 2 °C; -3 ± 2 °C; -18 ± 2 °C

Проводили дальнейшие исследования с многокомпонентными белковыми продуктами. Хранили при традиционных режимах плавленые сыры с растительным сырьем. Отмечали в ходе эксперимента, что обогащенный продукт лучше сохранял органолептические свойства. Результаты хранения плавленых сыров «Таежный» и «Лесной» приведены в табл. 1

Исследовали изменение консистенции пастообразных плавленых сыров с дикорастущим сырьем.

В исследованиях наблюдали постепенное упрочнение структуры сладкого плавленого сырного продукта «Неженка». В первый день хранения консистенцию характеризовали как слабую, излишне нежную. Удовлетворительную вязкость пастообразных плавленых сыров продукт приобретал в период хранения с 3 по 30 сутки (табл. 2).

Установили, что медленное нарастание прочности в первые дни хранения связано с затянувшимся индукционным периодом, характерным для данной структуры. Присутствие пектиносодержащих добавок и сахара обуславливает определенные структурно-механические свойства плавленого сыра. На первой стадии хранения образование и укрепление белковой структуры происходит очень медленно, но наиболее заметно проявляются свойства пектиновых веществ – студнеобразователей. Проявляются структурно-механические свойства

Таблица 2 – Консистенция плавленого сыра «Неженка» при хранении

Table 2 – The consistency of processed cheese “Nezhenka” during storage

Показатели структурно-механических свойств продукта	Срок хранения, сутки				
	1	3	10	20	30
Вязкость, Па × с	23	86	109	113	150
Коэффициент разрушения структуры, α_p	0,08	0,26	0,08	0,28	0,35
Коэффициент восстановления структуры, α_v	0,97	0,79	0,75	0,88	0,89
Органолептическая оценка консистенции, балл	4,0	4,5	5,0	5,0	5,0

Таблица 3 – Содержания витамина С в процессе хранения плавленых сыров с дикорастущим сырьем

Table 3 – Vitamin C content during storage of processed cheeses with wild plant raw materials

Наименование продукта	Содержание витамина С, мг/100 г перед хранением	Содержание витамина С, мг/100 г	
		(8 ± 2) °C	(2 ± 2) °C
Контрольный плавленый сыр	14	8	12
Паста «Часхы Пайрам»	130	Через 20суток хранения	
		117	126
Сладкий плавленый сырный продукт «Неженка лесная»	220	Через 30суток хранения	
		205	210
Сыр плавленый «Лесной»	127	107	120
Сыр плавленый «Таежный»	238	205	225

по полной восстанавливаемости и повышению прочности структуры сыров.

В процессе хранения изменяется количество биологически активных веществ дикорастущего сырья. Исследовали количественное содержание витамина С в образцах плавленых сырных продуктов при внесении гомогенной системы и концентрата дикорастущего сырья (табл. 3).

Таблица 1 – Изменение вкуса и запаха плавленых сыров «Таежный» и «Лесной» при хранении

Table 1 – The changes in taste and smell of processed cheese “Tayozhny” and “Lesnoy” during storage

Вид плавленого сыра	Перед хранением	Через 30 суток хранения	
		Температура (8 ± 2) °C	Температура (2 ± 2) °C
Контрольный сыр	Чистый, выраженный	Нечистый, посторонний	Слегка нечистый
Сыр с концентратом дикорастущего сырья (КДС)	Чистый, слегка кисловатый	Чистый, кисловатый	Чистый, кисловатый
Сыр с гомогенной системой дикорастущего сырья (ГСДС)	Чистый, слегка кисловатый	Чистый, кисловатый	Чистый, кисловатый

Результаты показали (табл. 3), что снижение количественного содержания витамина С во время хранения плавящихся сыров определялось температурой хранения. Потери витамина С в плавящем сыре «Лесной» с ГСДС в процессе 30 суток хранения при температуре 8 ± 2 °С составили 15,8 %, а при снижении температуры до 2 ± 2 °С были 5,5 %. У сыров с использованием КДС («Таежный», «Неженка лесная») потери составили 14,1 и 5,5 %.

Проводили исследования по изменению физико-химических показателей во время хранения плавящихся сыров с дикорастущим сырьем. Установили, что величина активной кислотности понизилась с 5,2 до 5,0 ед. рН при режиме хранения 8 ± 2 °С и на 0,1 ед. рН при температуре 2 ± 2 °С.

Кроме того, значение перекисного числа, которое было постоянным, составляло от 0,009 до 0,011 J₂. Это свидетельствует об отсутствии липолиза в течение периода хранения.

Выводы

Таким образом, по комплексу показателей качества установлены условия и гарантированные сроки годности и хранимостности белковых молочных продуктов при холодильном хранении на примере творожных продуктов и плавящихся сыров, обогащенных дикорастущим сырьем.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Буянова, И. В. Новые технологии замораживания молочных продуктов / И. В. Буянова // Техника и технология пищевых производств. – 2012. – Т. 24, № 1. – С. 22–26.
2. Творогова, А. А. Объективная оценка структуры замороженных взбитых фруктовых десертов по состоянию кристаллов льда / А. А. Творогова, П. Б. Чижова // Холодильная техника. – 2013. – № 2. – С. 58–61.
3. Проблемы хранимостности продуктов сыроделия и маслоделия / Г. М. Свириденко, Ю. Я. Свириденко, М. Б. Захарова [и др.] // Переработка молока. – 2012. – Т. 150, № 4. – С. 24–28.
4. Изучение свойств и устойчивости к окислению отдельных жировых композиций для производства продуктов с комбинированной жировой фазой / Е. В. Топникова, Н. В. Иванова, Е. Н. Пирогова [и др.] // Сыроделие и маслоделие. – 2018. – № 2. – С. 50–52.
5. Как увеличить срок годности и привлечь покупателей? // Переработка молока. – 2018. – Т. 228, № 9. – С. 57.
6. Дахнович, А. А. Тренды российского рынка сыров / А. А. Дахнович // Переработка молока. – 2017. – Т. 213, № 7. – С. 12–13.
7. Влияние микробиологических рисков на качество и хранимостность плавящихся сыров / Г. М. Свириденко, Ю. Я. Свириденко, Н. Г. Бабкина [и др.] // Переработка молока. – 2017. – Т. 217, № 11. – С. 28–31.
8. Craiver, N. G. Viscoelastic behavior of refrigerated and frozen low moisture Mozzarella cheese / N. G. Craiver, N. B. Zartzy, A. N. Califano // Journal of Food Science. – 2004. – Vol. 69, № 3. – P. 123–128.
9. Буянова, И. В. Современные технологии замораживания и хранения молочных продуктов / И. В. Буянова, О. Н. Буянов // Переработка молока. – 2010. – Т. 126, № 4. – С. 36–38.
10. Ишевский, А. Л. Замораживание как метод консервирования пищевых продуктов / А. Л. Ишевский, И. А. Давыдов // Теория и практика переработки мяса. – 2017. – Т. 2, № 2. – С. 43–59. DOI: <https://doi.org/10.21323/2414-438X-2017-2-2-43-59>.
11. Ишевский, А. Л. Экспресс-оценка сроков хранения пищевых продуктов / А. Л. Ишевский, С. С. Доморацкий, И. В. Гришина // Мясные технологии. – 2011. – Т. 98, № 2. – С. 28–30.
12. Пряничникова, Н. С. Инновационная технология творожного продукта / Н. С. Пряничникова, О. Б. Федотова, И. А. Макеева // Пищевая промышленность. – 2012. – № 9 – С. 32–33.
13. Короткий, И. А. Определение температуры замерзания плодов облепихи / И. А. Короткий, Е. В. Короткая // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2008. – № 1. – С. 24–25.
14. Федотова, О. Б. Хранимостность молочной продукции и упаковка / О. Б. Федотова // Сборник материалов международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы молочной отрасли» Международная молочная неделя / Всероссийский научно-исследовательский институт маслоделия и сыроделия. – Углич, 2016. – С. 257–262.
15. Фриденберг, Г. В. Совершенствование холодильной технологии резервирования творога в упаковочных материалах / Г. В. Фриденберг, О. Б. Федотова, Ю. В. Пальмин // Молочная промышленность. – 2007. – № 5 – С. 36–39.
16. Новые творожные изделия с функциональными свойствами: монография / М. Б. Ребезов, Г. К. Альхамова, Н. Н. Максимюк [и др.]. – Челябинск : ЮУрГУ, 2011. – 94 с.
17. Буянова, И. В. Оценка качества плавящихся сыров с соевой окаррой / И. В. Буянова, В. А. Зиновьева // Технология продуктов повышенной пищевой ценности: сборник научных работ. – Кемерово, 2000. – С. 55.
18. Гуца, Ю. М. Практические вопросы производства творога и творожных продуктов / Ю. М. Гуца, Н. В. Мальцев // Молочная промышленность. – 2017. – № 7. – С. 46–47.

References

1. Buyanova I.V. New dairy products freezing technology. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2012, vol. 24, no. 1, pp. 22–26. (In Russ.).

2. Tvorogova A.A. and Chizhova P.B. Objective estimation of frozen whipped fruit desserts based on ice crystals state. *Kholodilnaya Tekhnika*, 2013, no. 2, pp. 58–61. (In Russ.).
3. Sviredenko G.M., Sviredenko Yu.Ya., Zakharova M.B., et al. Problemy khranimosposobnosti produktov syrodeliya i maslodeliya [Problems of storage stability of cheese and butter products]. *Milk Processing*, 2012, vol. 150, no. 4, pp. 24–28. (In Russ.).
4. Topnikova E.V., Ivanova N.V., Pirogova E.N., Danilova E.S., and Zabolotin G.Yu. Study of the properties and stability against oxidation of some fat compositions intended for receiving products with combined fat phase. *Magazine Cheesemaking and Buttermaking*, 2018, no. 2, pp. 50–52. (In Russ.).
5. Kak uvelichit' srok godnosti i privlech' pokupatelye? [How to increase shelf life and attract customers?]. *Milk Processing*, 2018, vol. 228, no. 9, pp. 57. (In Russ.).
6. Dakhnovich A.A. Trendy rossiyskogo rynka syrov [Trends of the Russian cheese market]. *Milk Processing*, 2017, vol. 213, no. 7, pp. 12–13. (In Russ.).
7. Sviredenko G.M., Sviredenko Yu.Ya., Babkina N.G., and Zakharova M.B. Vliyanie mikrobiologicheskikh riskov na kachestvo i khranimosposobnost' plavlenykh syrov [The effect of microbiological risks on the quality and persistence of processed cheeses]. *Milk Processing*, 2017, vol. 217, no. 11, pp. 28–31. (In Russ.).
8. Craiver N.G., Zartzky N.B., and Califano A.N. Viscoelastic behavior of refrigerated and frozen low moisture Mozzarella cheese. *Journal of Food Science*, 2004, vol. 69, no. 3, pp. 123–128.
9. Buyanova I.V. and Buyanov O.N. Sovremennye tekhnologii zamorazhivaniya i khraneniya molochnykh produktov [Modern technologies of freezing and storage of dairy products]. *Milk Processing*, 2010, vol. 126, no. 4, pp. 36–38. (In Russ.).
10. Ishevskiy A.L. and Davydov I.A. Freezing as a method of food preservation. *Theory and practice of meat processing*, 2017, vol. 2, no. 2, pp. 43–59. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21323/2414-438X-2017-2-2-43-59>.
11. Ishevskiy A.L., Domoratskiy S.S., and Grishina I.V. Ekhspress-otsenka srokov khraneniya pishchevykh produktov [Quick assessment of the shelf life of food products]. *Meat Technology*, 2011, vol. 98, no. 2, pp. 28–30. (In Russ.).
12. Prianichnikova N.S., Fedotova O.B., and Makeeva I.A. The Innovative Technology of Curd Product. *Food Industry*, 2012, no. 9, pp. 32–33. (In Russ.).
13. Korotkiy I.A. and Korotkaya Ye.V. Definition of temperature of freezing of sea buckthorn. *Storage and processing of farm products*, 2008, no. 1, pp. 24–25. (In Russ.).
14. Fedotova O.B. Khranimosposobnost' molochnoy produktsii i upakovka [Preservation stability of dairy products and its packaging]. *Sbornik materialov mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii "Aktual'nye problemy molochnoy otrasli"* [Proceedings of the international scientific-practical conference "Relevant issues of the dairy industry"]. Uglich, 2016, pp. 275–262. (In Russ.).
15. Freidenberg G.V., Fedotova O.B., and Pal'min Yu.V. Sovershenstvovanie kholodil'noy tekhnologii rezervirovaniya tvoroga v upakovochnykh materialakh [Improvement of refrigeration technology for reserving curd in packaging materials]. *Dairy Industry*, 2007, no. 5, pp. 36–39. (In Russ.).
16. Rebezov M.B., Al'khamova G.K., Maksimuk N.N., et al. *Novye tvorozhnye izdeliya s funktsional'nymi svoystvami* [New curd products with functional properties]. Chelyabinsk: South Ural State University Publ., 2011. 94 p. (In Russ.).
17. Buyanova I.V. and Zinov'eva V.A. Otsenka kachestva plavlenykh syrov s soevoy okaroy [Evaluation of the quality of processed cheeses with soy okara]. *Tekhnologiya produktov povyshennoy pishchevoy tsennosti: sbornik nauchnykh rabot* [Technology of products of increased nutritional value: collection of scientific papers]. Kemerovo, 2000, pp. 55. (In Russ.).
18. Gushcha Yu.M. and Mal'tsev N.V. Practical issues of curds and curds products manufacturing. *Dairy Industry*, 2017, no. 7, pp. 46–47. (In Russ.).

Буянова Ирина Владимировна

д-р техн. наук, профессор кафедры технологии продуктов питания животного происхождения, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: + 7 (3842) 39-68-58, e-mail: milk@kemsu.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-2801-8478>

Лупинская Светлана Михайловна

д-р техн. наук, доцент, профессор технологии продуктов питания животного происхождения, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: + 7 (3842) 39-68-58, e-mail: milk@kemsu.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-2755-2302>

Лобачева Елена Михайловна

канд. техн. наук, доцент кафедры технологии продуктов питания животного происхождения, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: + 7 (3842) 39-68-58, e-mail: milk@kemsu.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-0439-9413>

Irina V. Buyanova

Dr.Sci.(Eng.), Professor of the Department of Technology of Food of Animal Origin, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: + 7 (3842) 39-68-58, e-mail: milk@kemsu.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-2801-8478>

Svetlana M. Lupinskaya

Dr.Sci.(Eng.), Associate Professor, Professor of the Department of Food Technology of Animal Origin, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: + 7 (3842) 39-68-58, e-mail: milk@kemsu.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-2755-2302>

Elena M. Lobacheva

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Department of Food Technology of Animal Origin, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: + 7 (3842) 39-68-58, e-mail: milk@kemsu.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-0439-9413>

Пенообразующие свойства концентрата белков обезжиренного молока

С. А. Иванова 

Дата поступления в редакцию: 18.09.2018
Дата принятия в печать: 28.12.2018

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

e-mail: pavvm2000@mail.ru



© С. А. Иванова, 2018

Аннотация. Аэрированные продукты пользуются популярностью во всем мире. Они широко представлены в ассортименте глобального продовольственного рынка, в том числе и в Российской Федерации. Особо любимы среди них молочные продукты с пенной структурой. Молочные белки традиционно добавляются для стабилизации различных пищевых продуктов, в том числе и с пенной структурой. Работа посвящена исследованию влияния изменения концентрации белков обезжиренного молока на пенообразующие свойства концентратов. Изучена зависимость различных концентраций белков (от 3,4 до 16,0 %) восстановленного обезжиренного молока (9,2 %) и пенообразующих свойств молочно-белковых концентратов, полученных ультрафильтрацией. Количественно оценена возможность их практического применения в качестве основы аэрированных продуктов. Качество готовой пены оценивали по пенообразующим характеристикам и устойчивости пены. Распределение пузырьков белковой пены по размерам моделировали с использованием распределения Эрланга. По моделированию более устойчивыми являлись пены белковых растворов с концентрацией от 12 %. Концентраты с самым высоким содержанием белка (16 %) имели не только большую вспениваемость, но и большую стабилизирующую характеристику. Плотность белковых образцов также увеличивалась с увеличением концентрации белков. Характеристики пенообразования белковых растворов (кратность и плотность полученной пены) увеличивались с увеличением концентрации белков. Стабильность пенной структуры оценивали по времени полураспада пенного объема и среднему диаметру пузырьков пены белковых растворов. Наиболее стабильными были пены с наибольшим содержанием белков в концентрате. Концентраты белков из восстановленного обезжиренного молока уступают в пенообразующих характеристиках концентратам из молока, не подверженного сушке. Тем не менее, полученные результаты позволяют утверждать, что восстановленное обезжиренное молоко и концентраты его белков идеально подходят для производства аэрированных молочных продуктов, поскольку обеспечивают им как хорошую вспениваемость, так и стабильность.

Ключевые слова. Молочная пена, белковый концентрат, обезжиренное молоко, устойчивость

Для цитирования: Иванова, С. А. Пенообразующие свойства концентрата белков обезжиренного молока / С. А. Иванова // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 4. – С. 12–21. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-4-12-21>.

Original article

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

The Foaming Properties of Skim Milk Protein Concentrate

S.A. Ivanova 

Received: September 18, 2018
Accepted: December 28, 2018

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

e-mail: pavvm2000@mail.ru



© S.A. Ivanova, 2018

Abstract. Aerated products are popular all over the world, especially those with a foam structure. They are widely represented in the range of the global food market, including that of the Russian Federation. Traditionally, milk proteins are added to stabilize various foods. The present research explains how the concentration of skimmed milk proteins affects the foaming properties of concentrates. The experiment featured the influence of various protein concentrations (from 3.4 to 16.0%) on the foaming properties of reduced skim milk (9.2%) and of milk protein concentrates obtained by ultrafiltration. The research established their practical application for aerated products. The quality of protein foam was evaluated by foaming characteristics and foam stability. The distribution of protein foam bubbles by size was modelled using Erlang distribution. According to the simulation, the foams of protein solutions with a concentration of 12% were more stable. Concentrates with the highest protein content (16%) had not only a greater foaming, but also a greater stabilizing property. The protein samples density increased together with protein concentration. Similarly, the foaming characteristics of protein solutions (multiplicity and density of the foam) increased together with protein concentration. The stability of the foam structure was estimated by the half-life of the foam volume and the average diameter of the foam bubbles in the protein solutions. The most stable foams were those with the highest protein content in the concentrate. The protein concentrates from reduced skim milk were inferior in foaming characteristics to concentrates from milk that was not subjected to drying. However, the results suggest that the reduced skim milk and its protein concentrates are ideal for the production of aerated dairy products because they provide both good foaming and stability.

Keywords. Milk foam, protein concentrate, skim milk, stability

For citation: Ivanova S.A. The Foaming Properties of Skim Milk Protein Concentrate. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2018, vol. 48, no. 4, pp. 12–21. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-4-12-21>.

Введение

Продукты питания с пенной структурой, от коктейлей до сдобы, сохраняют свою популярность и разнообразие на продовольственном рынке. Стабилизация и сохранение структур таких продуктов в течение всего срока годности по-прежнему остается актуальной задачей, которая привлекает внимание исследователей и производителей [1–5]. Часто аэрированные пищевые продукты стабилизируются поверхностно-активными действиями протеинов в них входящих. Это могут быть белки животного (молочные, яичные, белки крови) и растительного (белковые изоляты ячменя, овса, бобовых и т.д.) происхождения [6–9].

Интенсивное перемешивание и барботаж рассматриваются как два основных механических метода пенообразования. В способах перемешивания пена образуется при механическом смешении газовой и жидкой фаз, например, при взбивании или при смешивании с мешалкой, при встряхивании сосуда, частично заполненного раствором, при одновременном потоке газа и жидкости в трубке, при заливке жидкости на поверхность того же раствора и т.д. Эти методы наиболее часто используются в количественных исследованиях пен [4]. Каким бы ни был метод вспенивания, способность данного раствора к вспениванию определяется через объем образующейся пены в заданных условиях (время вспенивания, температура, интенсивность перемешивания и т.д.) и возможностью сохранения полученной пены.

Молочные белки широко используются для стабилизации различных пищевых продуктов, в том числе и с пенной структурой [6, 10, 11]. Поэтому внимание исследователей к изучению свойств и характеристик белковой пены не ослабевает, тем самым сохраняя ее актуальность [1, 12–15].

Пенообразующие свойства молока определяются его составом, режимами пастеризации и

гомогенизации, используемым оборудованием и технологическими параметрами в процессе аэрирования [16–21]. Известны несколько факторов, влияющих на свойства пенообразования протеинов молока, – внутренние (последовательность аминокислот, молекулярная масса, гидрофобность/гидрофильность, природа поверхностного белка, гибкость белка, электрические заряды и их распределение и соотношение различных фракций белков) и внешние (рН, температура и взаимодействие с другими макромолекулами, концентрация самих белков) [4, 12, 18, 22–25]. Как правило, изучают влияние внутренних факторов и/или в сочетании с физико-химическими процессами, сопровождающими пенообразования конкретного белкового раствора молока цельного, обезжиренного, концентратов молочных белков и т.п. Пенообразующие и эмульгирующие свойства зарегистрированы у казеинатов [21, 26], мономеров казеина [27] и сывороточных белков [28], в большом разнообразии применяемых в рецептурах пищевых продуктов. Исследования характеристик пенообразования молочных белков сосредоточены на достаточно низкой концентрации белка (не более 6 %).

Целью данной работы было изучение влияния повышения концентрации белков обезжиренного молока на пенообразующие свойства концентратов, из него полученных, и на формирование стабильной структуры аэрированных продуктов на их основе.

Объекты и методы исследования

Объектами исследования являлись образцы молочно-белковых концентратов и приготовленная из них пена. Образцы молочно-белковых концентратов МБК-р (р % – содержание белка, табл. 1) были получены ультрафильтрацией в НИИ биотехнологии КемГУ. Коммерческие образцы сухого обезжиренного коровьего молока (34,0 % белка, 1,5 % жира, 52,6 % углеводов; ООО Маслосыркомбинат «Тюкалинский»,

Таблица 1 – Физико-химические характеристики восстановленного обезжиренного молока и концентрата белков из него
Table 1 – Physico-chemical characteristics of the reduced skim milk and the skim milk protein concentrate

Образец	Массовая доля сухих веществ, %	Массовая доля белка, %	Массовая доля лактозы, %	Плотность, г/см ³
№ 1	9,2 ± 0,42	3,4 ± 0,11	4,80 ± 0,01	1032 ± 0,001
№ 2	11,9 ± 0,38	6,0 ± 0,10	5,00 ± 0,00	1042 ± 0,001
№ 3	12,4 ± 0,35	6,8 ± 0,12	5,00 ± 0,01	1058 ± 0,000
№ 4	13,7 ± 0,47	7,4 ± 0,15	5,00 ± 0,00	1063 ± 0,002
№ 5	14,5 ± 0,48	8,8 ± 0,14	5,00 ± 0,00	1082 ± 0,001
№ 6	18,8 ± 0,58	12,0 ± 0,16	5,00 ± 0,00	1092 ± 0,001
№ 7	23,4 ± 0,61	16,0 ± 0,15	5,00 ± 0,00	1096 ± 0,002

№ 1 – восстановленное обезжиренное молоко; № 2 – МБК-6,0; № 3 – МБК-6,8; № 4 – МБК-7,4; № 5 – МБК-8,8; № 6 – МБК-12,0; № 7 – МБК-16,0.

No. 1 – reconstituted skimmed milk; No. 2 – milk-protein concentrate 6.0; No. 3 – milk-protein concentrate 6.8; No. 4 – milk-protein concentrate 7.4; No. 5 – milk-protein concentrate 8.8; No. 6 – milk-protein concentrate 12.0; No. 7 – milk-protein concentrate 16.0.

г. Тюкалинск, Омская область, Россия) восстанавливали в очищенной воде в соответствии с рекомендациями производителя. Перед концентрированием восстановленное обезжиренное молоко сквашивали закваской молочнокислых бактерий в количестве $6 \pm 1\%$ в течение 11 ± 1 ч до pH $4,6 \pm 0,1$. Закваску лиофилизированных культур прямого внесения EZAL U-D MYE 96 (состоит из *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacterium del-brueckii* spb. *Bulgaricus*) готовили в соответствии с инструкцией производителя. Концентрацию белков обезжиренного молока проводили на ультрафильтрационной установке МФУ-Р-45-300 (Россия) при температуре 50 ± 5 °С, скорости движения молочнокислого сгустка $2,0 \times 10^{-2}$ м/с, рабочее давление 0,6 МПа, удельная производительность составила $1,178 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \times \text{ч})$.

Образцы молочной пены получали вспениванием обезжиренного молока и молочно-белковых концентратов из нее роторно-пульсационной установкой ГИД-100/1 (ВНИМИ, Россия) в течение 3 мин при скорости вращения ротора 2500 об/мин, коэффициенте заполнения рабочей камеры – 0,3, величине зазора между ротором и статором не более 0,1 мм, температура обрабатываемого раствора – 24 ± 2 °С [11, 15, 29–31].

Применяли общепринятые органолептические, химические и физические методы исследования. Физико-химические показатели (массовые доли) определяли по стандартным методикам: общее содержание белка (в зависимости от вида продукта) определяли по ГОСТ 25179-90, ГОСТ 23327-98 рефрактометрически и методом формульного титрования в качестве арбитражного использовали полумикрометод Кьельдаля. Фракционирование азотистых веществ, а также изучение их состава и свойств проводили по известным методикам [32–35]. Массовую долю сухих веществ определяли методом высушивания с песком по ГОСТ 3626-73. Плотность молока и молочного сырья определяли по ГОСТ 3625-84. Температуру молочного сырья определяли по ГОСТ 26754-85.

Активную кислотность определяли электрометрически на pH-метр Sevev Compact (Mettler Toledo, США) по рекомендациям производителя, титруемую кислотность определяли по ГОСТ 3624-92 (8764-92). Метод основан на нейтрализации кислот и их солей раствором едкой щелочи в присутствии индикатора фенолфталеина [36].

Плотность пены на молочной основе вычисляли по формуле:

$$\rho_n = \rho_p (1 - \varphi), \quad (1)$$

где ρ_p – плотность вспениваемого раствора,
 ρ_n – плотность пены,
 φ – объемная доля воздушной фазы:

$$\varphi = (\rho_p - \rho_n) / \rho_p. \quad (2)$$

Кратность пены определяли по формуле:

$$K = (\rho_n / \rho_p) 100\%. \quad (3)$$

Устойчивость пены определяли по продолжительности времени до разрушения всего объема пены [37–39].

Стабильность пены оценивали по способности сохранять пенную структуру, поддерживать свой объем в течение определенного периода времени до полного разрушения:

$$FS = (V_0 / V_i) 100\%, \quad (4)$$

где V_0 – объем пены сразу после процесса взбивания,

V_i – объем пены через t_i мин после формирования пены.

Для описания распределения пузырьков по размерам использовали распределение Эрланга k -го порядка с непрерывным временем, под которым понимали диаметр пузырька пены, $t \in [0, +\infty)$.

Функция распределения Эрланга k -го порядка имеет вид:

$$F_k(t) = 1 - e^{-\lambda t} \cdot \sum_{i=0}^{k-1} \frac{(\lambda t)^i}{i!}, \quad k=1, 2, 3, \dots \quad (5)$$

Распределение Эрланга описывает поток, который получается из простейшего просеиванием событий. Если в простейшем потоке после появления первого события учитывать только события с нечетными номерами, то получим распределение Эрланга 2 порядка. Если учитывать только каждое k -ое событие, то получаем распределение Эрланга k -го порядка.

Пусть случайная величина η – размер пузырька пены в мм, $M\eta = d_{cp}$, $\sigma\eta = \sigma$ – допустимое отклонение размера пузырька пены. Тогда $1/\lambda$ – средний диаметр пузырька, мм; число k характеризует взаимное влияние пузырьков,

$d_{cp} = M\eta = k / \lambda$, $\sigma = \sqrt{D\eta} = \sqrt{k / \lambda^2} = \sqrt{k} / \lambda$, $k=1, 2, 3, \dots$

Состояние дисперсной фазы (пузырьков газа) определяли микроскопически по изображениям свежеприготовленной пены и пены через 5 мин после приготовления. Снимки были сделаны с помощью микроскопа с системой документирования Axio Imager M2 (Carl Zeiss AG, Германия). Средние значения и стандартные отклонения размеров пузырьков определяли с помощью ПО Image-Pro Discovery (V.4.5.1.29, 2002, Media Cybernetics Inc.).

Каждый эксперимент повторяли три раза и данные выражали в виде среднего \pm стандартное отклонение. Обработка данных осуществлялась стандартными методами математической статистики. Однородность эффектов выборки проверяли с помощью t -критерия Стьюдента. Различия между средними значениями считались значимыми, когда доверительный интервал был меньше 5 % ($P \leq 0,05$).

Результаты и их обсуждение

Были измерены физические свойства восстановленного обезжиренного коровьего молока и полученных из него молочно-белковых

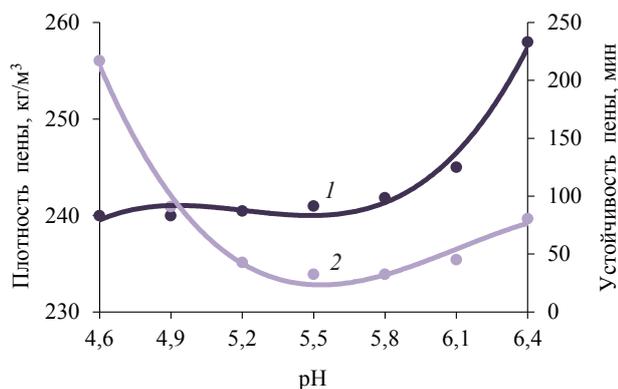


Рисунок 1 – Влияние кислотности обезжиренного молока на пенообразующие свойства молочно-белкового концентрата: 1 – плотность; 2 – устойчивость

Figure 1 – The effect of skim milk acidity on the foaming properties of milk protein concentrate: 1 – density; 2 – stability

концентратов. Плотность колебалась от 1,032 до 1,096 г/см³ (табл. 1). В целом плотность увеличивалась по мере увеличения концентрации белка. Значение pH восстановленных образцов обезжиренного молока (9,2 %) составило 6,7. Сквашенные образцы молочно-белковых концентратов имели pH 4,6. В процессе концентрирования и пенообразования pH образцов МБК изменился до 4,8–5,0.

Borcharding с соавторами [17, 23] указывали, что значение pH между 6,0 и 7,0 оказывает незначительное влияние в целом на размеры пузырьков пены обезжиренного молока и на их устойчивость к дренажу. Нами установлено [11, 29], что снижение активной кислотности с 6,4 до 4,6 (в 1,4 раза) приводит к увеличению плотности пены, полученной роторно-пульсационным устройством, приблизительно в 1,1 раза, а устойчивость пены к распаду повышается в 2,7 раза (рис. 1). Известно, что массы, содержащие белок, проявляют максимальную пенообразующую способность в изoeлектрической точке, которая соответствует pH ниже 7, а для молочных белков около 4,58–4,60. В этом аспекте молочно-белковые концентраты являются более предпочтительными в использовании для получения пенообразных масс, по сравнению с другими молочными системами, в частности – с молоком.

Поскольку свойства, в том числе и пенообразующие, белков определяются их высокомолекулярной природой и строением, то, кроме pH молока, белкового раствора и температуры, как окружающей среды, так и самого раствора, влияют на их вспениваемость (рис. 2). Изменение температуры на 10 °C способствует изменению плотности ГДС от 2 % до 52 %, устойчивости – от 3 до 76 %. Установлено [11, 29], что увеличение температуры с 4 до 34 °C приводит к уменьшению плотности ГДС до 1,5 раз и увеличению устойчивости до 2,3 раза. Более того, при температуре 14 °C пена характеризуется ячеистыми пузырьками

газа. Увеличение температуры свыше 25 °C придает дисперсной системе кремообразную, мелкодисперсную структуру. Процесс разрушения полученных образцов при различных температурах также имеет некоторые особенности: в диапазоне от 4 до 24 °C мелкие пузырьки газа соединяются, образуя крупные с размерами до 15–20 мм, затем полностью разрушаются. При более высоких температурах образующиеся крупные пузыри газа достигают размеров не больше 7–8 мм, после чего длительное время не разрушаются.

Дисперсность и размеры пузырьков белковой пены смоделировали с использованием распределения Эрланга *k*-го порядка. Обычно для этого используют распределение Пуассона, нормальное распределение, логарифмически нормальные распределения, распределения типа Вейбула и др. [40]. Однако для этого лучше выбрать то распределение, которое, с одной стороны, учитывает наличие взаимного влияние пузырьков друг на друга, а, с другой стороны, является непрерывным. Метод вложенных цепей Маркова идеально подходит, но трудно воспринимаем. Поскольку распределение пузырьков по размерам достаточно плотно, то хотелось бы иметь возможность. В ряде случаев рассмотрение вместо непрерывного аналога дискретного распределения приводит к упрощению моделей, причем далеко не всегда в ущерб качеству. Мы для реализации этой цели выбрали распределение Эрланга, а пуассоновский процесс описывает простейший поток событий, для которого время между соседними событиями является случайной величиной с экспоненциальной функцией распределения, являющейся частным случаем распределения Эрланга [29].

Преимущество применения распределения Эрланга при исследовании процесса пеногенерирования состоит в том, что можно использовать экспоненциальное распределение, т.е. распределение Эрланга 1 порядка, хотя более точным является, в нашем случае, распределение

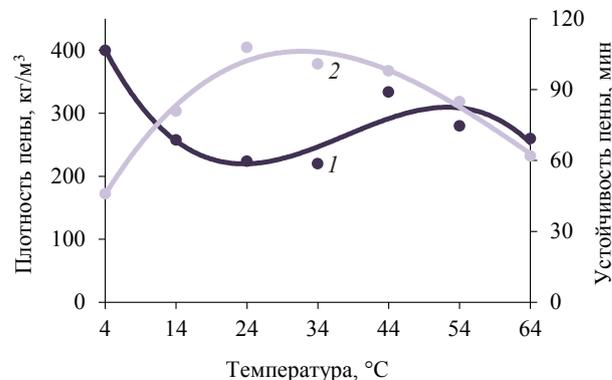


Рисунок 2 – Влияние температуры вспениваемого раствора на пенообразующие свойства молочно-белкового концентрата: 1 – плотность; 2 – устойчивость

Figure 2 – The effect of the solution temperature on the foaming properties of milk protein concentrate: 1 – density; 2 – stability

Таблица 2 – Влияние содержания белков в концентрате на дисперсность, средний пузырьков пены
 Table 2 – Effect of the protein content in the concentrate on foam dispersion, average number of foam bubbles

Образец	Относительное распределение пузырьков (%) со средним диаметром, мм				Средний диаметр, мкм d_0	d_{cp} , мм	σ
	менее 1	1–3	3–5	более 5			
№ 1	0	58	27	15	207 ± 73		
*	4,18	58,64	23,18	14,00		2,396	2,396
**	5,04	56,48	26,97	11,51		2,490	1,761
***	6,07	55,01	29,67	9,25		2,547	1,471
№ 2	28	37	25	10	136 ± 60		
*	25,72	35,97	23,18	15,13		1,421	1,421
**	27,75	37,34	22,18	12,73		1,568	1,109
***	23,08	39,76	21,08	16,08		1,687	0,974
№ 3	37	28	32	3	130 ± 58		
*	25,34	38,33	30,87	5,46		1,482	1,482
**	26,82	40,81	27,04	5,33		1,229	0,869
***	28,03	42,27	26,01	3,69		1,112	0,642
№ 4	53	32	15	0	127 ± 52		
*	49,79	37,55	9,47	3,19		1,451	1,451
**	52,88	44,02	2,96	0,14		1,129	0,798
***	53,05	45,94	1,00	0,01		1,071	0,618
№ 5	59	30	11	0	116 ± 37		
*	57,60	34,78	6,25	1,37		1,166	1,166
**	58,97	39,23	1,75	0,05		1,008	0,713
***	59,01	40,45	0,54	0,00		0,980	0,566
№ 6	88	12	0	0	103 ± 22		
*	88,00	11,83	0,17	0,00		0,572	0,572
**	88,00	11,98	0,02	0,00		0,647	0,457
***	88,00	12,00	0,00	0,00		0,693	0,400
№ 7	100	0	0	0	92 ± 11		
*	100,00	0,00	0	0		0,059	0,059
**	100,00	0,00	0	0		0,095	0,067
***	100,00	0,00	0	0		0,103	0,059

Распределение Эрланга: * – 1, ** – 2, *** – 3 порядка

Erlang distribution: * first degree, ** second degree, *** third degree

Эрланга 3 порядка. Это позволяет построить ряд математических моделей, представленных в виде систем дифференциальных уравнений, которые дают возможность получить аналитическое решение и при этом можно оценить погрешность, возникающую за счет пренебрежения взаимным влиянием пузырьков. Кроме того, распределение Эрланга оказывается достаточно устойчивым, относительно изменения начальных условий, его определяющих.

Полученные результаты приведены в таблице 2. В зависимости от использованного сырья и концентрации белков в нем лучше описывало распределение пузырьков по размерам распределения Эрланга 2 или 3 порядка.

Если в качестве критерия устойчивости пены используется средний диаметр ее пузырьков, не превосходящий 1 мм и имеющий наименьший разброс в образце, то распределение Эрланга 3 порядка рекомендует рассматривать в качестве основы белковых пен молочно-белковые концентраты обезжиренного молока с концентрацией не ниже 12 %. Полученные диапазоны наиболее вероятных размеров пузырьков пены для образцов № 1–7 в мм

следующие: 1,076–3,623, 0,713–2,400, 0,470–1,582, 0,453–1,524, 0,414–1,394, 0,293–0,986 и 0,044–0,147. Условиям устойчивости удовлетворяют образцы № 6 и № 7 с диапазонами значений 0,293–0,986 и 0,044–0,147.

Характеристики пенообразования образцов молочно-белковых концентратов приведены в таблице 3. Увеличение кратности происходило с увеличением содержания сухих веществ в образцах молочно-белковых концентратов с увеличением концентрации белков. Наблюдалась значительная разница (от 4 до 46 %) между вспенивающими характеристиками восстановленного обезжиренного молока и молочно-белковых концентратов из него полученного. Кратность пены составила от 285 до 417 %. В нашем исследовании самую высокую кратность имела пена из молочно-белкового концентрата с содержанием белка 16,0 %. Авторы [4] сообщали, что пенообразующая способность увеличивалась с возрастанием концентрации молочного белка до достижения предельного значения, после которого стабилизировалась. Наблюдается отличие пенообразующих характеристик в зависимости от соотношения молочных белков (казеин/

Таблица 3 – Пенообразующие характеристики молочно-белковых концентратов обезжиренного молока

Table 3 – The foaming characteristics of the skim milk protein concentrates

Образец	Кратность пены, %	Плотность пены, г/см ³	Устойчивость пены, мин	Средний диаметр пузырька, мкм	
				d ₀	d ₅
№ 1	285 ± 32	322 ± 0,01	65 ± 3	207 ± 73	319 ± 87
№ 2	297 ± 23	308 ± 0,01	67 ± 5	136 ± 60	181 ± 66
№ 3	303 ± 20	281 ± 0,00	72 ± 4	130 ± 58	171 ± 63
№ 4	322 ± 19	267 ± 0,01	74 ± 3	127 ± 52	163 ± 61
№ 5	334 ± 21	254 ± 0,00	82 ± 5	116 ± 37	147 ± 42
№ 6	356 ± 32	228 ± 0,00	87 ± 4	103 ± 22	144 ± 39
№ 7	417 ± 14	220 ± 0,01	110 ± 3	92 ± 11	136 ± 29

№ 1 – восстановленное обезжиренное молоко; № 2 – МБК-6,0; № 3 – МБК-6,8; № 4 – МБК-7,4; № 5 – МБК-8,8; № 6 – МБК-12,0; № 7 – МБК-16,0.

No. 1 – reconstituted skimmed milk; No. 2 – milk-protein concentrate 6.0; No. 3 – milk-protein concentrate 6.8; No. 4 – milk-protein concentrate 7.4; No. 5 – milk-protein concentrate 8.8; No. 6 – milk-protein concentrate 12.0; No. 7 – milk-protein concentrate 16.0.

сывороточные белки). Казеин придавал большие, чем сывороточные белки, пенообразующие свойства растворов восстановленного обезжиренного молока с добавлением молочных белков. В работе [12] вспениваемость белковых растворов с казеином достигала 1422 %, с сывороточными белками – до 534 %. Объясняли лучшие вспенивающие характеристики казеина поверхностно-активными свойствами и низкой адсорбцией белков молока на поверхности раздела фаз воздух-раствор и приводя ссылки на аналогичные результаты других авторов [41, 42].

Плотность пены исследуемых образцов (табл. 3) принимала значения от 322 до 220 г/см³. С увеличением содержания белков плотность пены уменьшалась. Авторам [17, 23] удалось получить пену из сконцентрированного обезжиренного молока ультрафильтрацией (6 % белка) с меньшей плотностью (от 110 до 220 г/см³). По-видимому, восстановленное обезжиренное молоко в процессе сушки теряет пенообразующие характеристики из-за меняющихся свойств белков молока. Авторы [12] получили пену плотностью от 69 до 179 г/см³ внесением в восстановленное обезжиренное молоко концентратов молочных белков (казеина и/или сывороточных). Большие пенообразующие свойства белковому раствору придавал казеин, рассмотренные концентрации приводили к увеличению пенообразования без достижения стабилизации.

Устойчивость пены оценивали по времени полного разрушения и по среднему размеру ее пузырьков (табл. 3). Диаметр пены определяли сразу после пенообразования и через 5 минут после. Увеличение концентрации белка привело к уменьшению начального среднего диаметра пузырьков от 207 до 102 мкм в образцах растворов молочных белков обезжиренного молока. Аналогичные результаты приведены в работах [4, 17], где начальный средний диаметр пузырьков обезжиренного молока восстановленного или невосстановленного, а также белковых концентратов на их основе уменьшался с увеличением концентрации белка.

Средний диаметр пузырька, полученного после 5 мин образования пены, был больше начального среднего диаметра пузырька от 136 до 319 мкм, размер которых также находился в обратной зависимости от концентрации белка. У авторов [12] был получен аналогичный результат, однако, они установили, что белковые растворы с добавлением концентрата казеина имели меньшую стабильность и большую неоднородность по размерам пузырьков (около 3 %), чем в растворах с добавлением сывороточных белков.

Качество готовой белковой пены, кроме содержания газовой фазы, формы и количества пузырьков, характеризуется устойчивостью или стабильностью – временем сохранения некоторого объема пены или числа пузырьков, величина позволяющая судить о кинетических особенностях процесса старения [11]. Стабильность белковой пенной структуры изучали по сохранению начального объема пены, которую приняли за

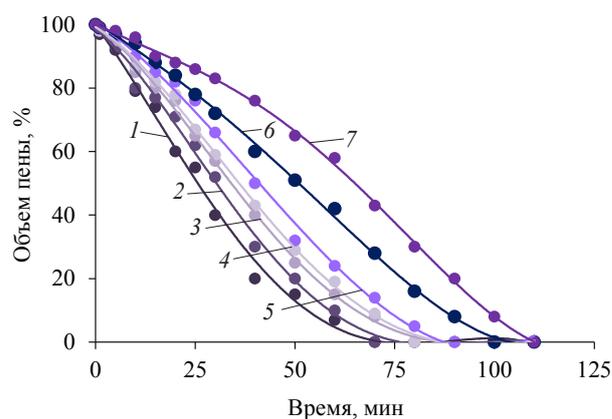


Рисунок 3 – Изменение объема белковой пены с течением времени после создания: 1 – восстановленное обезжиренное молоко; 2 – МБК-6,0; 3 – МБК-6,8; 4 – МБК-7,4; 5 – МБК-8,8; 6 – МБК-12,0; 7 – МБК-16,0.

Figure 3 – Changes of the protein foam volume in time: No. 1 – reconstituted skimmed milk; No. 2 – milk-protein concentrate 6.0; No. 3 – milk-protein concentrate 6.8; No. 4 – milk-protein concentrate 7.4; No. 5 – milk-protein concentrate 8.8; No. 6 – milk-protein concentrate 12.0; No. 7 – milk-protein concentrate 16.0.

100 %. Результаты приведены на рис. 3. Все полученные пены были достаточно стабильные первые 5 мин после создания. В дальнейшем скорость разрушения пенных структур была различна и коррелировала с концентрацией белков во вспениваемом растворе.

Известно, что казеиновый комплекс с определенной концентрацией выступает как стабилизатор пенной структуры и при превышении этой концентрации (авторы указывают более 1 %) происходит перенасыщение межфазной пленки белком, что приводит к ухудшению стабильности белковой пены [4, 43]. Поэтому избыток казеина в белковом концентрате снижает устойчивость полученной пены [12].

Выводы

Молочно-белковые концентраты из обезжиренного молока подтвердили наличие перспективных пенообразующих характеристик. Концентраты с самым высоким содержанием белка (16 %) имели большую вспениваемость (рис. 3) и большую устойчивость к разрушению (табл. 2–3). Восстановленное обезжиренное молоко и концентраты его белков идеально подходят для производства пены, поскольку они обеспечат как

хорошую пенообразовательную способность, так и стабильность продуктов на их основе. Известно, что размеры пузырьков и стабильность пены достаточно тесно связаны. Однородность пены с пузырьками малого диаметра обеспечивает замедление механизмов дестабилизации за счет наименьшей скорости истечения жидкости с поверхности, более медленной адсорбции газа между ними и обеспечивает лучшее качество готовой пены при уменьшенном объеме стабилизаторов с увеличением срока хранения. Пенообразующая способность растворов зависит как от общего содержания белка, так и от соотношения казеин/сывороточный белок, поэтому если для повышения белкового содержания не проводить концентрирование, а вносить уже готовый концентрат, то следует отдавать предпочтение сывороточным белкам. Однако это не исключает использование и концентрата казеина, доза внесения которого должна контролироваться.

Конфликт интересов

Автор заявляет, что конфликта интересов нет.

Финансирование

Материалы подготовлены без финансовой поддержки.

Список литературы

1. Patino, J. M. R. Implications of interfacial characteristics of food foaming agents in foam formulations / J. M. R. Patino, C. C. Sanchez, M. R. R. Nino // *Advances in Colloid and Interface Science*. – 2008. – Vol. 140, № 2. – P. 95–113. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cis.2007.12.007>.
2. Dickinson, E. Hydrocolloids as emulsifiers and emulsion stabilizers / E. Dickinson // *Food Hydrocolloids*. – 2009. – Vol. 23, № 6. – P. 1473–1482. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2008.08.005>.
3. Edible foam based on Pickering effect of probiotic bacteria and milk proteins / C. Yucel Falco, X. Geng, M. Cárdenas [et al.] // *Food Hydrocolloids*. – 2017. – Vol. 70. – P. 211–218. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2017.04.003>.
4. Physico-chemical factors controlling the foamability and foam stability of milk proteins: Sodium caseinate and whey protein concentrates / K. G. Marinova, E. S. Basheva, B. Nenova [et al.] // *Food Hydrocolloids*. – 2009. – Vol. 23, № 7. – P. 1864–1876. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2009.03.003>.
5. Prosekov, A. Yu. Nutritional features of indigenous peoples of Siberia and North America: are we relatives? / A. Yu. Prosekov, S. A. Ivanova // *Journal of Ethnic Foods*. – 2018. – Vol. 5, № 3. – P. 155–160. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jef.2018.07.002>.
6. Dickinson, E. Food emulsions and foams: Stabilization by particles / E. Dickinson // *Current Opinion in Colloid and Interface Science*. – 2010. – Vol. 15, № 1–2. – P. 40–49. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cocis.2009.11.001>.
7. Designing Multiscale Structures for Desired Properties of Ice Cream / J. F. Crilly, A. B. Russell, A. R. Cox [et al.] // *Industrial and Engineering Chemistry Research*. – 2008. – Vol. 47, № 17. – P. 6362–6367. DOI: <https://doi.org/10.1021/ie701773z>.
8. Formation and stability of food foams and aerated emulsions: Hydrophobins as novel functional ingredients / A. J. Green, K. A. Littlejohn, P. Hooley [et al.] // *Current Opinion in Colloid and Interface Science*. – 2013. – Vol. 18, № 4. – P. 292–301. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cocis.2013.04.008>.
9. Campbell, G. M. Creation and characterisation of aerated food products / G. M. Campbell, E. Mougeot // *Trends in Food Science and Technology*. – 1999. – Vol. 10, № 9. – P. 283–296. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0924-2244\(00\)00008-X](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(00)00008-X).
10. Möbius, D. Proteins at liquid interfaces. Volume 7 / D. Möbius, R. Miller. – Amsterdam : Elsevier, 1998. – 497 p.
11. Иванова, С. А. Интенсификация технологий аэрированных молочных продуктов / С. А. Иванова, А. Ю. Просеков. – Кемерово : Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2011. – 240 с.
12. Foaming properties of skim milk powder fortified with milk proteins / L. P. Martínez-Padilla, V. García-Mena, N. B. Casas-Alencáster [et al.] // *International Dairy Journal*. – 2014. – Vol. 36, № 1. – P. 21–28. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2013.11.011>.
13. Murray, B. S. Stabilization of bubbles and foams / B. S. Murray // *Current Opinion in Colloid and Interface Science*. – 2007. – Vol. 12, № 4–5. – P. 232–241. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cocis.2007.07.009>.

14. Differences between protein and surfactant foams: microscopic properties, stability and coarsening / A. Saint-Jalmes, M.-L. Peugeot, H. Ferraz [et al.] // *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. – 2005. – Vol. 263, № 1–3. – P. 219–225. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2005.02.002>.
15. Ivanova, S. A. Stochastic modeling of protein solution foaming process / S. A. Ivanova, V. A. Pavskii // *Theoretical foundations of chemical engineering*. – 2014. – Vol. 48, № 6. – P. 848–854. DOI: <https://doi.org/10.1134/S0040579514040198>.
16. Temperature effect on foamability, foam stability, and foam structure of milk / K. Oetjen, C. Bilke-Krause, M. Madani [et al.] // *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. – 2014. – Vol. 460. – P. 280–285. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2014.01.086>.
17. Effect of milk homogenization and foaming temperature on properties and microstructure of foams from pasteurized whole milk / K. Borchering, W. Hoffmann, P. C. Lorenzen [et al.] // *LWT – Food Science and Technology*. – 2008. – Vol. 41, № 10. – P. 2036–2043. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2007.11.020>.
18. The influence of temperature on the foaming of milk / S. Kamath, T. Huppertz, A. V. Houlihan [et al.] // *International Dairy Journal*. – 2008. – Vol. 18, № 10–11. – P. 994–1002. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2008.05.001>.
19. Kamath, S. Relationship between surface tension, free fatty acid concentration and foaming properties of milk / S. Kamath, A. Wulandewi, H. C. Deeth // *Food Research International*. – 2008. – Vol. 41, № 6. – P. 623–629. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2008.03.014>.
20. Huppertz, T. Foaming properties of milk: A review of the influence of composition and processing / T. Huppertz // *International Journal of Dairy Technology*. – 2010. – Vol. 63, № 4. – P. 477–488. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2010.00629.x>.
21. Effects of manufacturing conditions on the foaming properties of milk and sensory characteristics of foamed milk / S. Hatakeyama, M. Akiyama, R. Yoneyama [et al.] // *LWT*. – 2019. – Vol. 99. – P. 555–561. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.09.082>.
22. Abascal, D. M. Surface tension and foam stability of commercial calcium and sodium caseinates / D. M. Abascal, J. Gracia-Fadrique // *Food Hydrocolloids*. – 2009. – Vol. 23, № 7. – P. 1848–1852. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2009.02.012>.
23. Borchering, K. Effect of protein content, casein-whey protein ratio and pH value on the foaming properties of skimmed milk / K. Borchering, P. C. Lorenzen, W. Hoffmann // *International Journal of Dairy Technology*. – 2009. – Vol. 62, № 2. – P. 161–169. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2009.00472.x>.
24. Milk whey proteins and xanthan gum interactions in solution at the air-water interface: a rheokinetic study / A. A. Pérez, C. C. Sánchez, J. M. R. Patino [et al.] // *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*. – 2010. – Vol. 81, № 1. – P. 50–57. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2010.06.021>.
25. Направленный ферментализ белков молочной сыворотки / К. А. Берёзкина, Е. Ю. Агаркова, В. Г. Будрик [и др.] // *Переработка молока*. – 2014. – Т. 177, № 7. – С. 20–22.
26. Enhanced foaming and emulsifying properties of high-pressure-jet-processed skim milk / C. A. Hettiarachchi, M. Corzo-Martínez, M. S. Mohan [et al.] // *International Dairy Journal*. – 2018. – Vol. 87. – P. 60–66. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2018.06.004>.
27. Phan, C. Dynamic adsorption of beta-casein at the gas–liquid interface / C. M. Phan, A. V. Nguyen, G. M. Evans // *Food Hydrocolloids*. – 2006. – Vol. 20, № 2–3. – P. 299–304. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2005.03.019>.
28. Foegeding, E. A. Factors determining the physical properties of protein foams / E. A. Foegeding, P. J. Luck, J. P. Davis // *Food Hydrocolloids*. – 2006. – Vol. 20, № 2–3. – P. 284–292. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2005.03.014>.
29. Иванова, С. А. Стохастические модели технологических процессов переработки дисперсных систем обезжиренного молока / С. А. Иванова. – Кемерово : КемТИПП, 2010. – 123 с.
30. Просеков, А. Ю. Параметры аэрирования молочно-белковых концентратов / А. Ю. Просеков, С. А. Иванова // *Молочная промышленность*. – 2011. – № 8. – С. 40–42.
31. Иванова, С. А. Стохастическая модель работы пеногенератора на основе теории марковских процессов / С. А. Иванова, В. А. Павский, А. Ю. Просеков // *Хранение и переработка сельхозсырья*. – 2010. – № 6. – С. 18–20.
32. Физико-химические методы анализа / В. Б. Алесковский, В. В. Бардин, Е. С. Бойчинова [и др.]. – Л. : Химия, 1971. – 424 с.
33. Антипова, Л. В. Методы исследования мяса и мясных продуктов / Л. В. Антипова, И. А. Глотова, И. А. Рогов. – М. : Колос, 2001. – 376 с.
34. Барковский, В. Ф. Основы физико-химических методов анализа / В. Ф. Барковский, Т. Б. Гордыщева, Н. Б. Топорова. – М. : Высшая школа, 1983. – 248 с.
35. Жданова, Е. Ф. Исследование белковых веществ коровьего молока методом электрофореза на фильтровальной бумаге / Е. Ф. Жданова, И. Н. Влодавец // *Биохимия*. – 1959. – Т. 24, № 6. – С. 73–85.
36. Крусь, Г. Н. Методы исследования молока и молочных продуктов / Г. Н. Крусь, А. М. Шалыгина, З. В. Волокитина. – М. : Колос, 2000. – 368 с.
37. Krotov, V. V. A new method for studying foaminess / V. V. Krotov, A. G. Nekrasov, A. I. Rusanov // *Colloid Journal*. – 2002. – Vol. 64, № 6. – P. 793–795.
38. Лабораторный практикум по общей технологии пищевых продуктов / З. Ф. Фалунина, И. А. Евницкая, Л. А. Виноградова [и др.]. – М. : Пищевая промышленность, 1978. – 271 с.

39. Кругляков, П. М. Пена и пенные пленки / П. М. Кругляков, Д. Р. Ексерова. – М. : Химия, 1990. – 432 с.
40. Иванова, С. А. Критерии оценки качества формирования газожидкостных дисперсных систем молочного сырья / С. А. Иванова // Техника и технология пищевых производств. – 2011. – Т. 21, № 2. – С. 33–38.
41. Ye, A. Interfacial composition and stability of emulsions made with mixtures of commercial sodium caseinate and whey protein concentrate / A. Ye // Food Chemistry. – 2008. – Vol. 110, № 4. – P. 946–952. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.02.091>.
42. Zhang, Z. Effect of pH and ionic strength on competitive protein adsorption to air/water interfaces in aqueous foams made with mixed milk proteins / Z. Zhang, D. G. Dalgleish, H. D. Goff // Colloids and Surfaces B: Biointerfaces. – 2004. – Vol. 34, № 2. – P. 113–121. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2003.11.009>.
43. Sánchez, C. C. Interfacial, foaming and emulsifying characteristics of sodium caseinate as influenced by protein concentration in solution / C. C. Sánchez, J. M. R. Patino // Food Hydrocolloids. – 2005. – Vol. 19, № 3. – P. 407–416. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2004.10.007>.

References

1. Patino J.M.R., Sanchez C.C., and Nino M.R.R. Implications of interfacial characteristics of food foaming agents in foam formulations. *Advances in Colloid and Interface Science*, 2008, vol. 140, no. 2, pp. 95–113. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cis.2007.12.007>.
2. Dickinson E. Hydrocolloids as emulsifiers and emulsion stabilizers. *Food Hydrocolloids*, 2009, vol. 23, no. 6, pp. 1473–1482. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2008.08.005>.
3. Yucel Falco C., Geng X., Cárdenas M., and Risbo J. Edible foam based on Pickering effect of probiotic bacteria and milk proteins. *Food Hydrocolloids*, 2017, vol. 70, pp. 211–218. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2017.04.003>.
4. Marinova K.G., Basheva E.S., Nenova B., et al. Physico-chemical factors controlling the foamability and foam stability of milk proteins: Sodium caseinate and whey protein concentrates. *Food Hydrocolloids*, 2009, vol. 23, no. 7, pp. 1864–1876. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2009.03.003>.
5. Prosekov A.Yu. and Ivanova S.A. Nutritional features of indigenous peoples of Siberia and North America: are we relatives? *Journal of Ethnic Foods*, 2018, vol. 5, no. 3, pp. 155–160. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jef.2018.07.002>.
6. Dickinson E. Food emulsions and foams: Stabilization by particles. *Current Opinion in Colloid and Interface Science*, 2010, vol. 15, no. 1–2, pp. 40–49. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cocis.2009.11.001>.
7. Crilly J.F., Russell A.B., Cox A.R., and Cebola D.J. Designing Multiscale Structures for Desired Properties of Ice Cream. *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 2008, vol. 47, no. 17, pp. 6362–6367. DOI: <https://doi.org/10.1021/ie701773z>.
8. Green A.J., Littlejohn K.A., Hooley P., and Cox P.W. Formation and stability of food foams and aerated emulsions: Hydrophobins as novel functional ingredients. *Current Opinion in Colloid and Interface Science*, 2013, vol. 18, no. 4, pp. 292–301. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cocis.2013.04.008>.
9. Campbell G.M. and Mougeot E. Creation and characterisation of aerated food products. *Trends in Food Science and Technology*, 1999, vol. 10, no. 9, pp. 283–296. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0924-2244\(00\)00008-X](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(00)00008-X).
10. Möbius D. and Miller R. Proteins at liquid interfaces. Volume 7. Amsterdam: Elsevier Publ., 1998. 497 p.
11. Ivanova S.A. and Prosekov A.Yu. *Intensifikatsiya tekhnologiy aehrirovannykh molochnykh produktov* [Intensification of aerated dairy products technologies]. Kemerovo: KemIFST Publ., 2011. 243 p. (In Russ.).
12. Martínez-Padilla L.P., García-Mena V., Casas-Alencáster N.B., and Sosa-Herrera M.G. Foaming properties of skim milk powder fortified with milk proteins. *International Dairy Journal*, 2014, vol. 36, no. 1, pp. 21–28. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2013.11.011>.
13. Murray B.S. Stabilization of bubbles and foams. *Current Opinion in Colloid and Interface Science*, 2007, vol. 12, no. 4–5, pp. 232–241. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cocis.2007.07.009>.
14. Saint-Jalmes A., Peugeot M.-L., Ferraz H., and Langevin D. Differences between protein and surfactant foams: microscopic properties, stability and coarsening. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 2005, vol. 263, no. 1–3, pp. 219–225. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2005.02.002>.
15. Ivanova S.A. and Pavskii V.A. Stochastic modeling of protein solution foaming process. *Theoretical foundations of chemical engineering*, 2014, vol. 48, no. 6, pp. 848–854. DOI: <https://doi.org/10.1134/S0040579514040198>.
16. Oetjen K., Bilke-Krause C., Madani M., and Willers T. Temperature effect on foamability, foam stability, and foam structure of milk. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 2014, vol. 460, pp. 280–285. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2014.01.086>.
17. Borcherding K., Hoffmann W., Lorenzen P.C., and Schrader K. Effect of milk homogenization and foaming temperature on properties and microstructure of foams from pasteurized whole milk. *LWT – Food Science and Technology*, 2008, vol. 41, no. 10, pp. 2036–2043. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2007.11.020>.
18. Kamath S., Huppertz T., Houlihan A.V., and Deeth H.C. The influence of temperature on the foaming of milk. *International Dairy Journal*, 2008, vol. 18, no. 10–11, pp. 994–1002. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2008.05.001>.
19. Kamath S., Wulandewi A., and Deeth H.C. Relationship between surface tension, free fatty acid concentration and foaming properties of milk. *Food Research International*, 2008, vol. 41, no. 6, pp. 623–629. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2008.03.014>.
20. Huppertz T. Foaming properties of milk: A review of the influence of composition and processing. *International Journal of Dairy Technology*, 2010, vol. 63, no. 4, pp. 477–488. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2010.00629.x>.
21. Hatakeyama S., Akiyama M., Yoneyama R., et al. Effects of manufacturing conditions on the foaming properties of milk and sensory characteristics of foamed milk. *LWT*, 2019, vol. 99, pp. 555–561. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.09.082>.

22. Abascal D.M. and Gracia-Fadrique J. Surface tension and foam stability of commercial calcium and sodium caseinates. *Food Hydrocolloids*, 2009, vol. 23, no. 7, pp. 1848–1852. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2009.02.012>.
23. Borcharding K., Lorenzen P.C., and Hoffmann W. Effect of protein content, casein-whey protein ratio and pH value on the foaming properties of skimmed milk. *International Journal of Dairy Technology*, 2009, vol. 62, no. 2, pp. 161–169. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2009.00472.x>.
24. Pérez A.A., Sánchez C.C., Patino J.M.R., Rubiolo A.C., and Santiago L.G. Milk whey proteins and xanthan gum interactions in solution at the air-water interface: a rheokinetic study. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 2010, vol. 81, no. 1, pp. 50–57. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2010.06.021>.
25. Beryozkina K.A., Agarkova E.Yu., Budrik V.G., et al. Napravleny fermentoliz belkov molochnoy syvorotki [Directed fermentolysis of whey proteins]. *Milk Processing*, 2014, vol. 177, no. 7, pp. 20–22. (In Russ.).
26. Hettiarachchi C.A., Corzo-Martínez M., Mohan M.S., and Harte F.M. Enhanced foaming and emulsifying properties of high-pressure-jet-processed skim milk. *International Dairy Journal*, 2018, vol. 87, pp. 60–66. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2018.06.004>.
27. Phan C.M., Nguyen A.V., and Evans G.M. Dynamic adsorption of beta-casein at the gas-liquid interface. *Food Hydrocolloids*, 2006, vol. 20, no. 2–3, pp. 299–304. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2005.03.019>.
28. Foegeding E.A., Luck P.J., and Davis J.P. Factors determining the physical properties of protein foams. *Food Hydrocolloids*, 2006, vol. 20, no. 2–3, pp. 284–292. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2005.03.014>.
29. Ivanova S.A. *Stokhasticheskie modeli tekhnologicheskikh protsessov pererabotki dispersnykh sistem obezzhirennogo moloka* [Stochastic models of technological processes for processing dispersed systems of skimmed milk]. Kemerovo: KemIFST Publ., 2010. 123 p. (In Russ.).
30. Prosekov A.Yu. and Ivanova S.A. Parameters of the milk-protein concentrates aeration. *Dairy industry*, 2011, no. 8, pp. 40–42. (In Russ.).
31. Ivanova S.A., Pavskiy V.A., and Prosekov A.Yu. Stochastic model of foam generator working on the basis of the Markov processes theory. *Storage and processing of farm products*, 2010, no. 6, pp. 18–20. (In Russ.).
32. Aleskovskiy V.B., Bardin V.V., Boychinova E.S., et al. *Fiziko-khimicheskie metody analiza* [Physico-chemical methods of analysis]. Leningrad: Chemistry Publ., 1971. 424 p. (In Russ.).
33. Antipova L.V., Glotova I.A., and Rogov I.A. *Metody issledovaniya myasa i myasnykh produktov* [Methods of research of meat and meat products]. Moscow: Kolos Publ., 2001. 376 p. (In Russ.).
34. Barkovskiy V.F., Gorodysheva T.B., and Toporova N.B. *Osnovy fiziko-khimicheskikh metodov analiza* [Fundamentals of physico-chemical methods of analysis]. Moscow: Higher School Publ., 1983. 248 p. (In Russ.).
35. Zhdanova E.F. and Vlodavets I.N. Issledovanie belkovykh veshchestv korov'ego moloka metodom ehlektroforeza na fil'troval'noy bumage [The study of cow's milk proteins by electrophoresis on filter paper]. *Biochemistry*, 1959, vol. 24, no. 6, pp. 73–85. (In Russ.).
36. Krus' G.N., Shalygina A.M., and Volokitina Z.V. *Metody issledovaniya moloka i molochnykh produktov* [Methods of research of milk and dairy products]. Moscow: Kolos Publ., 2000. 368 p. (In Russ.).
37. Krotov V.V., Nekrasov A.G., and Rusanov A.I. A new method for studying foaminess. *Colloid Journal*, 2002, vol. 64, no. 6, pp. 793–795.
38. Falunina Z.F., Evnitskaya I.A., Vinogradova L.A., et al. *Laboratornyy praktikum po obshchey tekhnologii pishchevykh produktov* [Laboratory workshop on general food technology]. Moscow: Food industry Publ., 1978. 271 p. (In Russ.).
39. Kruglyakov P.M. and Ekserova D.R. *Pena i pennye plenki* [Foam and foam films]. Moscow: Chemistry Publ., 1990. 432 p. (In Russ.).
40. Ivanova S.A. Quality evaluation criteria of gas-liquid disperse system formation of dairy raw material. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2011, vol. 21, no. 2, pp. 33–38. (In Russ.).
41. Ye A. Interfacial composition and stability of emulsions made with mixtures of commercial sodium caseinate and whey protein concentrate. *Food Chemistry*, 2008, vol. 110, no. 4, pp. 946–952. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.02.091>.
42. Zhang Z., Dalgleish D.G., and Goff H.D. Effect of pH and ionic strength on competitive protein adsorption to air/water interfaces in aqueous foams made with mixed milk proteins. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 2004, vol. 34, no. 2, pp. 113–121. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2003.11.009>.
43. Sánchez C.C. and Patino J.M.R. Interfacial, foaming and emulsifying characteristics of sodium caseinate as influenced by protein concentration in solution. *Food Hydrocolloids*, 2005, vol. 19, no. 3, pp. 407–416. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2004.10.007>.

Иванова Светлана Анатольевна

д-р техн. наук, доцент, заведующий кафедрой общей математики и информатики, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650056, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (3842) 39-68-32, e-mail: pavvm2000@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-1252-9572>

Svetlana A. Ivanova

Dr.Sci.(Eng.), Associate Professor, Head of the Department of General Mathematics and Informatics, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-32, e-mail: pavvm2000@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-1252-9572>

Оптимизация технологических параметров биомодификации свойств мяса страуса с применением коллагеназы

В. С. Колодязная^{id}, И. А. Шестопалова*^{id}, Е. И. Кипрушкина^{id},
Е. А. Рогозина^{id}, О. В. Головинская^{id}

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики»,
197101, Россия, г. Санкт-Петербург, Кронверкский проспект, 49

Дата поступления в редакцию: 06.06.2018

197101, Россия, г. Санкт-Петербург, Кронверкский проспект, 49

Дата принятия в печать: 28.12.2018

*e-mail: irina_1_83@mail.ru



© В. С. Колодязная, И. А. Шестопалова, Е. И. Кипрушкина, Е. А. Рогозина, О. В. Головинская, 2018

Аннотация. Отечественный и мировой опыт свидетельствуют о целесообразности применения ферментных препаратов для биомодификации свойств сырья с высоким содержанием соединительной ткани в мясной промышленности, в частности при производстве рубленых полуфабрикатов, деликатесных и колбасных изделий. Мясо страуса является перспективным сырьем для создания функциональных продуктов питания, т.к. отличается повышенным содержанием полноценного белка, пониженным – холестерина, содержит селен, магний, фосфор, витамины группы В. Однако значительное количество соединительной ткани обуславливает его жесткость. Применение коллагеназы улучшает функционально-технологические свойства фарша, а также выход готового продукта. Цель работы – оптимизировать технологические параметры ферментирования фарша из бедренной части мяса страуса с применением метода планирования многофакторных экспериментов. Объектом исследования выбрано мясо бедренной части страуса, выращенного на территории Ленинградской области. Для оптимизации технологических параметров ферментирования фарша с применением коллагеназы использовали метод дробных реплик при изучении влияния на функции отклика трех факторов: массовой доли коллагеназы (C , кодированная переменная X_1), продолжительности (τ , кодированная переменная X_2) и температуры выдержки фарша (t , кодированная переменная X_3). Функциями отклика выбраны значения влагоудерживающей способности (Y_1) и содержание аминного азота (Y_2). Параметры ферментирования фарша на основном уровне и интервал варьирования приняты следующие: $C_0 = 0,04\%$, $\Delta C = 0,02\%$; $\tau_0 = 4$ ч, $\Delta \tau = 2$ ч; $t_0 = 12$ °С, $\Delta t = 7$. Составлены матрица планирования эксперимента и уравнения регрессии, адекватно описывающие изучаемый процесс. Предложены оптимальные технологические параметры ферментирования фарша на основе мяса страуса с применением коллагеназы: массовая доля коллагеназы 0,05 %, продолжительность выдержки фарша 4,5 ч при $t = 13$ °С. Эти параметры позволяют получить фарш с высокими органолептическими показателями и функционально-технологическими свойствами, по сравнению с контрольным образцом. Полученный ферментированный фарш при выбранных режимах рекомендуется использовать в технологии рубленых полуфабрикатов, вареных колбасных изделий, фаршевых мясорастительных консервах.

Ключевые слова. Оптимизация, коллагеназа, мясо страуса, технологические параметры, уравнения регрессии

Для цитирования: Оптимизация технологических параметров биомодификации свойств мяса страуса с применением коллагеназы / В. С. Колодязная, И. А. Шестопалова, Е. И. Кипрушкин [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 4. – С. 22–29. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-4-22-29>.

Original article

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

Biomodification of Ostrich Meat Properties with Collagenase: Optimization of Technological Parameters

V.S. Kolodyaznaya^{id}, I.A. Shestopalova*^{id}, E.I. Kiprushkina^{id},
E.A. Rogozina^{id}, O.V. Golovinskaia^{id}

Saint Petersburg National Research University of
Information Technologies, Mechanics and Optics,
49, Kronverksky Ave., St. Petersburg, 197101, Russia

Received: June 06, 2018

Accepted: December 28, 2018

*e-mail: irina_1_83@mail.ru



© V.S. Kolodyaznaya, I.A. Shestopalova, E.I. Kiprushkina, E.A. Rogozina, O.V. Golovinskaia, 2018

Abstract. Domestic and international experience confirm the expediency of enzymes in meat industry. Enzymes are used for biomodification proposes when it goes about raw materials with the high-content of connective tissue, e.g. chopped

semi-finished products, delicatessen, sausages, etc. Ostrich meat is an advantageous source of functional food products due to its high content of native protein, selenium, magnesium, phosphorus, and group B vitamins and low contents of cholesterol. However, a significant amount of connective tissue makes it rigid. Application of collagenase improves the functional and technological properties of minced meat and product yield. The purpose of the present research was to optimize the technological parameters of fermented ostrich minced meat by the method of multifactorial experiment planning. The ostrich thighs parts were produced on the territory of the Leningrad Region. The authors used the fractional factorial experiment to study the influence of three factors on response functions: the mass fraction of collagenase (C, the coded variable X_1), the holding time (τ , the coded variable X_2), and the holding temperature (t, the coded variable X_3). The values of moisture-holding ability (Y_1) and the content of amino nitrogen (Y_2) were chosen as response functions. The study had the following parameters of fermentation at the main level and the interval of variation: $C_0 = 0,04\%$, $\Delta C = 0,02\%$; $\tau_0 = 4$ ч, $\Delta\tau = 2$ ч; $t_0 = 12^\circ\text{C}$, $\Delta t = 7^\circ\text{C}$. The experiment resulted in a matrix of experiment planning and several regression equations, which describe the process in question. The study revealed the optimal technological parameters of minced meat fermentation with collagenase: mass fraction of collagenase was 0.05% while the duration of exposure of minced meat was 4.5 hours at $t = 13^\circ\text{C}$. These technological parameters allowed the authors to obtain minced meat with better organoleptic characteristics and functional and technological properties in comparison with those of the control sample. The obtained fermented minced meat and the selected regimes are recommended for chopped semi-finished products, cooked sausages, and meat-vegetable canned foods.

Keywords. Optimization, collagenase, ostrich meat, technological parameters, regression equation

For citation: Kolodyaznaya V.S., Shestopalova I.A., Kiprushkina E.I., Rogozina E.A., and Golovinskaia O.V. Biomodification of Ostrich Meat Properties with Collagenase: Optimization of Technological Parameters. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2018, vol. 48, no. 4 pp. 22–29. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-4-22-29>.

Введение

Структура питания большинства населения Российской Федерации не соответствует концепции сбалансированного питания, о чем свидетельствуют систематические исследования, проводимые институтом питания РАМН. В связи с этим целесообразным является разработка функциональных пищевых продуктов массового потребления на основе нетрадиционных источников мясного сырья отечественного производства, обладающего высокой пищевой и биологической ценностью [1–4].

Российское фермерское страусоводство является относительно молодой и динамично развивающейся отраслью сельского хозяйства. Многие страусиные фермы расположены на территории Российской Федерации, например, в Ленинградской, Московской, Краснодарской областях, Владимире, Вологде, Брянске, Тольятти, Ростове, Челябинске и других городах. Большой интерес к выращиванию страусов обусловлен их высокой продуктивностью, чем у других сельскохозяйственных животных (годовая продуктивность одной самки страуса в среднем в 5 раз превосходит продуктивность мясной коровы); широким ассортиментом продукции страусоводства (мясо, субпродукты, яйца, жир, кожа, перья); хорошей адаптацией к новым условиям окружающей среды; рационом питания, состоящим из обычных для нашей страны сельскохозяйственных культур, таких как, овощи, зерновые, комбикорма, зелень полевых растений. Следует отметить, что мясо страуса является диетическим, не имеет религиозных и национальных ограничений [5–8].

В таблицах 1–4 представлены основные компоненты химического состава, содержание аминокислот, витаминов, макро- и микроэлементов охлажденного мяса страуса, используемого для ферментирования.

Как следует из представленных в таблицах данных, мясо страуса отличается повышенным содержанием полноценного белка, витаминов группы В, селена, магния, калия и фосфора.

Однако значительное количество соединительной ткани обуславливает жесткость мяса страуса и снижает его усвояемость, для повышения которой целесообразно использовать биомодификацию свойств мясного сырья.

Биотехнологические методы обработки пищевого сырья с повышенным содержанием соединительной ткани основаны на применении ферментов растительного, животного и микробиологического происхождения. Отечественный и мировой опыт свидетельствует о целесообразности применения ферментных препаратов для биомодификации свойств сырья с высоким содержанием соединительной ткани в мясной промышленности, в частности

Таблица 1 – Основные компоненты химического состава мяса птицы

Table 1 – The main components of the chemical composition of poultry meat (ostrich, chicken, and turkey)

Вид мяса	Содержание, %			Энергетическая ценность, ккал/кДж
	Влага	Белок	Жир	
Мясо страуса*	75,1	22,0	1,0	97/406
Мясо цыплят-бройлеров**	75,3	20,6	2,6	106/444
Мясо индейки**	74,1	21,6	2,1	105/440

* – результаты собственных исследований

** – по данным работы [5]

* – according to this research

** – according to [5]

Таблица 2 – Аминокислотный состав белков мяса страуса [5]

Table 2 – Amino acid composition of ostrich meat proteins [5]

Незаменимые аминокислоты	Содержание		Аминокислотный скор, %
	г/100 г мяса	мг/г белка	
Валин	1,20	53,0	106
Лейцин	1,96	87,0	124
Изолейцин	1,00	44,0	110
Лизин	2,00	90,0	164
Метионин + цистин	0,95	42,0	120
Треонин	1,15	51,0	128
Триптофан	0,23	10,2	102
Фенилаланин + тирозин	1,82	81,0	135
Заменимые аминокислоты	Содержание		
	г/100 г мяса	мг/г белка	
Аланин	1,35	60,0	
Аргинин	1,40	62,0	
Гистидин	0,50	22,0	
Серин	0,95	42,0	
Аспарагиновая кислота	2,20	98,0	
Глутаминовая кислота	3,35	149,0	
Глицин	1,37	61,0	
Пролин	1,10	49,0	

Таблица 3 – Витаминный состав мяса птицы [5]

Table 3 – Vitamin composition of poultry meat (ostrich, chicken, and turkey) [5]

Вид мяса	Содержание, мг/100 г мяса						
	V ₁	V ₂	PP	V ₅	V ₆	V ₉ , мкг	V ₁₂ , мкг
Мясо страуса	0,55	0,48	2,97	1,1	0,53	5,5	0,65
Мясо цыплят-бройлеров	0,09	0,15	6,1	0,79	0,51	3,3	0,42
Мясо индейки	0,05	0,22	7,8	0,65	0,33	9,6	–

при производстве рубленых полуфабрикатов, деликатесных и колбасных изделий, вместо энергоемких способов обработки, таких как тумблирование и массирование [9–17].

Применение коллагеназы, обладающей протеолитической активностью и субстратной специфичностью к расщеплению коллагена соединительной ткани, значительно улучшает функционально-технологические свойства и выход готового продукта за счет конверсии структуры белков и трансформации свойств. Применение коллагеназы для обработки сырья с повышенным содержанием соединительной ткани увеличивает содержание свободных аминокислот и небелковых азотистых соединений, которые при тепловой обработке превращаются в летучие соединения, участвующие в формировании мясного вкуса и аромата [18–20].

Следует отметить, что ферментированное мясо страуса можно использовать для создания функциональных продуктов питания с целью повышения усвояемости белков соединительной ткани и профилактики алиментарно-зависимых

Таблица 4 – Минеральный состав мяса птицы [5]

Table 4 – The mineral composition of poultry meat (ostrich, chicken, and turkey) [5]

Вид мяса	Содержание, мг/100 г мяса							
	Na	K	Ca	Mg	P	Fe	Zn	Se
Мясо страуса	55	320	10,0	17	249	4,4	2,40	0,024
Мясо цыплят-бройлеров	88	325	9,0	28	200	1,2	2,13	0,014–0,022
Мясо индейки	86	285	18,8	23	227	1,4	2,45	–

Таблица 5 – Характеристика коллагеназы

Table 5 – Characteristics of collagenase

Наименование показателей	Характеристика и норма	Результаты контроля
Внешний вид	Тонкодисперсный порошок	Тонкодисперсный порошок
Цвет	От светло-серого до светло-коричневого	Серый
Запах	Специфический, свойственный данному виду продукта	Соответствует
Остаточная влажность, %, не более	10,0	7,3
Показатель активности водородных ионов (рН) 1 % водного раствора	6,0–8,5	6,5
Протеолитическая активность, ПЕ/мг препарата, не менее	80,0	130,0
Содержание белка, %, не более	60,0	70,0

заболеваний людей с пониженной активностью протеолитических ферментов желудочно-кишечного тракта.

Цель работы – оптимизировать технологические параметры ферментирования фарша из бедренной части мяса страуса с применением метода планирования многофакторных экспериментов.

Объекты и методы исследования

Объектом исследования выбрано мясо бедренной части страуса, выращенного на территории Ленинградской области (пос. Белоостров).

Убой и обескровливание птицы производили без предварительного электроглушения. Затем тушку птицы шпарили, вручную снимали оперение и потрошили. Чтобы избежать микробиологической порчи, поверхность тушки после потрошения обрабатывали 1 % раствором уксусной кислоты. После обвалки мясо бедренной части страуса охлаждали до температуры в центре $2 \pm 2^\circ\text{C}$.

Таблица 6 – Матрица планирования и результаты эксперимента

Table 6 – The planning matrix and experimental results

№ опыта	X ₁	C, %	X ₂	τ, ч	X ₃	t, °C	X ₁ X ₂	Y ₁	Y ₂	\bar{Y}_1	Y ₂	\bar{Y}_2	S ₁ ²	S ₂ ²	
1	-1	0,02	-1	2	+1	19	+1	91,9	92,1	92,0	0,46	0,50	0,48	0,02	0,0010
2	+1	0,06	-1	2	-1	5	-1	89,8	90,4	90,1	0,51	0,53	0,52	0,18	0,0002
3	-1	0,02	+1	6	-1	5	-1	87,1	87,5	87,3	0,77	0,81	0,79	0,08	0,0010
4	+1	0,06	+1	6	+1	19	+1	82,7	83,3	81,0	0,95	0,99	0,97	0,18	0,0010
5	0	0,04	0	4	0	12	0	87,3	87,7	87,5	0,60	0,64	0,62	0,08	0,0020

Для исследования использовали мясное сырье со значениями рН и влагоудерживающей способности 6,2 и 92,4 %.

В качестве ферментного препарата использовали коллагеназу (ТУ 9154-032-11734126-10), полученную из гепатопанкреаса камчатского краба, характеристика которой представлена в таблице 5.

Содержание аминного азота определяли методом формольного титрования, влагоудерживающую способность – методом прессования, значение рН – потенциометрическим методом, содержание белка – методом Кьельдаля, содержание жира – методом Сокслета по стандартным методикам, изложенным в работе [21].

Для оптимизации технологических параметров ферментирования фарша из мяса страуса с применением коллагеназы при изучении влияния на функции отклика трех факторов (n) использовали метод дробных реплик, который позволяет изучить одновременное воздействие на процесс нескольких факторов при проведении сравнительно небольшого числа опытов N (N = 2ⁿ⁻¹); обнаружить эффект взаимодействия факторов при совместном их влиянии; построить математическое описание изучаемого процесса (математическую модель), позволяющее оптимизировать выходной параметр без проведения дополнительных экспериментов [22].

Определяли влагоудерживающую способность и содержание аминного азота в зависимости от массовой доли вносимой коллагеназы, продолжительности и температуры выдержки фарша с целью оптимизации технологических параметров применения коллагеназы в фарше, а также органолептические показатели (цвет, консистенция, внешний вид, запах).

Результаты и их обсуждение

В процессе оптимизации технологических параметров биомодификации свойств мяса страуса исследовали влияние массовой доли коллагеназы (C, кодированная переменная X₁), продолжительности выдержки (τ, кодированная

переменная X₂) и температуры выдержки (t, кодированная переменная X₃) на изменение влагоудерживающей способности и содержания аминного азота, выбранные в качестве функций отклика (Y₁) и (Y₂).

Параметры ферментирования фарша на основном уровне и интервал варьирования приняты следующие: C₀ = 0,04 %, ΔC = 0,02 %; τ₀ = 4 ч, Δτ = 2 ч; t₀ = 12 °C, Δt = 7 °C.

Составлена матрица планирования эксперимента методом дробных реплик, представленная в таблице 6.

Кодированные переменные варьировали на двух уровнях – верхнем (+1) и нижнем (-1) и определяли по формулам:

$$X_1 = \frac{C - C_0}{\Delta C}; X_2 = \frac{\tau - \tau_0}{\Delta \tau}; X_3 = \frac{t - t_0}{\Delta t}. \quad (1)$$

Для проверки воспроизводимости опытов определены: среднее арифметическое значение функции отклика влагоудерживающей способности и содержание аминного азота – \bar{Y}_1 и \bar{Y}_2 , оценка дисперсии для каждой серии параллельных опытов S₁² и S₂² (табл. 6); критерий Кохрена (G_p), представляющий собой отношение наибольшей из оценок дисперсий к сумме всех оценок дисперсий.

Опыты по определению влагоудерживающей способности (y₁) и содержания аминного азота (y₂) проведены при одинаковых условиях в двукратной повторности (K = 2).

Расчетные значения критерия Кохрена (G_{p1} и G_{p2}) определены при общем количестве оценок дисперсий $\sum S_1^2 = 0,46$ и $\sum S_2^2 = 0,0032$ и числе степеней свободы f = K – 1. Табличное значение критерия Кохрена (G_{табл} = 0,907) найдено при доверительной вероятности 0,95 и f = 1.

Так как G_{p1} = 0,39 и G_{p2} = 0,31 меньше G_{табл}, то опыты воспроизводимы, а оценки дисперсий – однородны.

Для оптимизации технологических параметров ферментирования мясного сырья использовали уравнение регрессии следующего вида:

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_{12}X_1X_2 + b_{13}X_1X_3 + b_{23}X_2X_3 + b_{123}X_1X_2X_3, \quad (2)$$

где Y – функция отклика; b₀, b₁, b₂, b₃, b₁₂, b₁₃, b₂₃, b₁₂₃ – коэффициенты регрессии.

Рассчитаны коэффициенты регрессии:

– для влагоудерживающей способности b₀ = 88,1, b₁ = -1,55, b₂ = -2,95, b₃ = -0,6;

– для содержания аминного азота: b₀ = 0,69, b₁ = 0,06, b₂ = 0,19, b₃ = 0,04.

Для произведения X₁X₂ и фактора X₃ столбцы совпадают, поэтому коэффициенты b₁₂ и b₃ не могут быть определены в отдельности.

Коэффициенты b_{13} , b_{123} , b_{23} не значимы.

Для подтверждения адекватности полученного уравнения изучаемому процессу проведен статистический анализ значимости коэффициентов регрессии и определена проверка адекватности уравнения регрессии.

Вычислена погрешность экспериментов при определении оценки дисперсии воспроизводимости (S_y^2) и оценка дисперсии (S_b).

Значимость коэффициентов регрессии определяли из условия

$$|b| \geq |S_b t_s|, \quad (3)$$

где t_s – значение критерия Стьюдента, найденное при доверительной вероятности 0,95 и числе степеней свободы $f = N - 1$.

На основании анализа полученных данных уравнения регрессии имеют следующий вид:

$$Y_1 = 88,1 - 1,55X_1 - 2,95X_2 - 0,6X_3, \quad (4)$$

$$Y_2 = 0,69 + 0,06X_1 + 0,19X_2 + 0,04X_3. \quad (5)$$

Для проверки адекватности уравнений регрессии рассчитаны:

– оценка дисперсии адекватности ($S_{ад}^2$):

$$S_{ад}^2 = \frac{1}{N-B} \sum_{j=1}^N S_j^2 (y_j^3 - y_j^p), \quad (6)$$

где B – число коэффициентов регрессии искомого уравнения, включая и свободный член; $y_j^3 - y_j^p$ – экспериментальное и расчетное значение функции отклика в j – м опыте; N – число опытов полного факторного эксперимента.

– значения критерия Фишера ($F_{p1} = 3$ и $F_{p2} = 5$), которые сравнивали с его табличным значением ($F_{табл} = 7,71$). Так как расчетные значения меньше табличных, то уравнения адекватно описывают изучаемый процесс.

Фундаментальные работы Р. Фишера, Д. Бокса, Ю. Адлера и других исследователей по

Таблица 7 – Характеристика и результаты эксперимента

Table 7 – The characteristics and results of the experiment

Характеристика и № опыта	C, %	τ, ч	t, °C	X ₁	X ₂	X ₃	y ₁ ^p	y ₂ ^p
Основной уровень	0,04	4	12	–	–	–	–	–
Интервал варьирования	0,02	2	5	–	–	–	–	–
Шаг движения	0,01	0,5	1	–	–	–	–	–
Крутое восхождение								
1	0,05	4,5	13	0,5	0,25	0,2	86,5	0,78
2	0,06	5,0	14	1,0	0,50	0,4	84,8	0,86
3	0,07	5,5	15	1,5	0,75	0,6	83,2	0,95
4	0,08	6,0	16	2,0	1,00	0,8	81,6	1,03

математическому планированию экспериментов позволили применять высокоэффективные схемы планирования, такие как метод крутого восхождения/наискорейшего спуска. Этот метод нашел применение при решении задач оптимизации технологических процессов в пищевых технологиях.

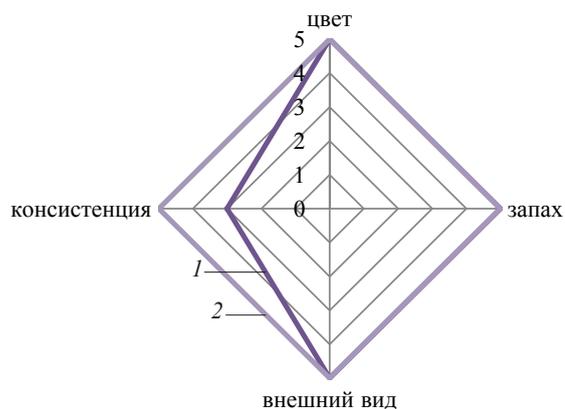
Важным преимуществом математического планирования экспериментов, по сравнению с классическими методами исследования, является возможность одновременного влияния на технологический процесс большого числа факторов. Кроме того, этот метод позволяет наряду с количественным учетом каждого отдельного фактора установить наличие в системе межфакторных взаимодействий и оценить влияние последних, а также определить значение параметров при оптимальной эффективности процессов [22].

Оптимизация параметров ферментирования мяса страуса методом крутого восхождения представлена в таблице 7.

Принято, что оптимизация заканчивается при значениях: влагоудерживающей способности $y_1 = 86,5\%$, содержания аминного азота $y_2 = 0,80$ мг/100 г.

Проведена органолептическая оценка качества ферментированного фарша по пятибалльной шкале, в которой приняты следующие дескрипторы: запах, внешний вид, консистенция, цвет. На рисунке 1 представлена органолептической оценка показателей качества фарша без ферментирования (контрольный образец) и фарша, ферментированного с внесением коллагеназы с массовой долей 0,05 %, времени выдержки 4,5 ч при $t = 13$ °C.

Выбраны следующие параметры ферментирования фарша на основе мяса бедренной части страуса: массовая доля коллагеназы $C = 0,05\%$,



1 – контрольный образец
2 – ферментированный фарш из мяса страуса

Рисунок 1 – Органолептическая оценка показателей качества ферментированного фарша и контрольного образца

Figure 1 – The organoleptic evaluation of the quality of the fermented minced meat and the control sample

время выдержки фарша $\tau = 4,5$ ч при температуре $t = 13$ °С. Дальнейшее увеличение концентрации коллагеназы, времени выдержки и температуры фарша приводит к снижению влагоудерживающей способности, разжижению консистенции фарша и снижению общего содержания белка с 22,0 % до 14,0 % из-за протеолиза. Эти изменения связаны с уменьшением содержания высокомолекулярных белков, увеличением количества пептидов различной молекулярной массой и свободных аминокислот, что сопровождается снижением значения рН с 6,2 до 5,7.

Выводы

Предложены оптимальные технологические параметры ферментирования фарша на основе мяса страуса с применением коллагеназы: массовая

доля коллагеназы 0,05 %, продолжительность выдержки фарша 4,5 ч при $t = 13$ °С, позволяющие получить фарш с высокими органолептическими показателями и функционально-технологическими свойствами, по сравнению с контрольным образцом. Полученный ферментированный фарш при выбранных режимах ферментирования рекомендуется использовать в технологии рубленых полуфабрикатов, вареных колбасных изделий, фаршевых мясорастительных консервах, предназначенных для профилактики алиментарно-зависимых заболеваний людей с пониженной активностью протеолитических ферментов желудочно-кишечного тракта.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Воздействие питания и образа жизни на здоровье населения / Д. В. Турчанинов, Е. А. Вильмс, Л. А. Боярская [и др.] // *Пищевая промышленность*. – 2015. – № 1. – С. 8–11.
2. Улумбекова, Г. Э. Здоровье населения в Российской Федерации: факторы риска и роль здорового питания / Г. Э. Улумбекова // *Вопросы питания*. – 2010. – Т. 79, № 2. – С. 33–38.
3. Обеспеченность населения России микронутриентами и возможности ее коррекции. Состояние проблемы / В. М. Коденцова, О. А. Вржесинская, Д. В. Рисник [и др.] // *Вопросы питания*. – 2017. – Т. 86, № 4. – С. 113–124.
4. 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. – Т. 12, № 4. – С. 52–57.
5. Кузьмичев, В. Ю. Качество мяса африканского страуса / В. Ю. Кузьмичев, В. С. Колодязная // *Мясная индустрия*. – 2008. – № 11. – С. 20–24.
6. Характеристика линейки продуктов страусоводства / Н. Ю. Сарбатова, Е. А. Остроух, О. В. Сычева [и др.] // *Пищевая индустрия*. – 2018. – Т. 36, № 2. – С. 55–57.
7. Horbańczuk, O. K. Technological and nutritional properties of ostrich, emu, and rhea meat quality / O. K. Horbańczuk, A. Wierzbicka // *Journal of Veterinary Research*. – 2016. – Vol. 60, № 3. – P. 279–286. DOI: <https://doi.org/10.1515/jvetres-2016-0043>.
8. Теоретическое обоснование разработки специализированного мясного продукта на основе мяса страуса / Н. Ю. Сарбатова, Р. С. Омаров, С. А. Измайлова [и др.] // *Мясные технологии*. – 2015. – Т. 149, № 5. – С. 48–51.
9. Инновации в производстве продуктов животного происхождения / О. В. Зинина, М. Б. Ребезов, Е. П. Мирошникова [и др.] // *Известия КГТУ*. – 2016. – № 42. – С. 104–116.
10. Ферментные препараты и биокаталитические процессы в пищевой промышленности / Л. В. Римарева, Е. М. Серба, Е. Н. Соколова [и др.] // *Вопросы питания*. – 2017. – Т. 86, № 5. – С. 63–74.
11. Перспективы использования растительных компонентов и ферментных препаратов в технологии цельнокусковых мясных изделий / Е. А. Кашенко, Е. С. Артемов, Е. Е. Курчаева [и др.] // *Технологии и товароведение сельскохозяйственной продукции*. – 2015. – Т. 5, № 2. – С. 110–114.
12. Антипова, Л. В. Протепсин – новый ферментный препарат отечественного производства для обработки мясного и молочного сырья / Л. В. Антипова, М. В. Горбунков // *Сборник трудов конференции : «Перспективные ферментные препараты и биотехнологические процессы в технологиях продуктов питания и кормов»*. – М., 2016. – С. 7–12.
13. Mora, L. Bioactive peptides generated from meat industry by-products / L. Mora, M. Reig, F. Toldrá // *Food Research International*. – 2014. – Vol. 65. – P. 344–349. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.09.014>.
14. Effect of Tenderization on Histological, Physico-Chemical and Properties of Raw and Cooked Emu Meat Treated with Natural Tenderizers / S. Verma, S. Biswas, S. N. Rindhe [et al.] // *International Journal of Pure & Applied Bioscience*. – 2018. – Vol. 6, № 1. – P. 322–332. DOI: <http://doi.org/10.18782/2320-7051.5995>.
15. Exogenous Proteases for Meat Tenderization / A. A. Bekhit, D. L. Hopkins, G. Geesink [et al.] // *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. – 2014. – Vol. 54, № 8. – P. 1012–1031. DOI: <https://doi.org/10.1080/10408398.2011.623247>.
16. Enzymes in meat processing / C. B. B. Cazarin, G. C. Lima, J. K. da Silva [et al.] // *Enzymes in food and beverage processing* / M. Chandrasekaran. – Boca Raton : CRC Press, 2015. – P. 337–351.
17. Plant and bacterial proteases: A key towards improving meat tenderization, a mini review / M. S. Arshad, J.-H. Kwon, M. Imran [et al.] // *Cogent Food & Agriculture*. – 2016. – Vol. 2, № 1. DOI: <https://doi.org/10.1080/23311932.2016.1261780>.

18. Pal, G. K. Microbial collagenases: challenges and prospects in production and potential applications in food and nutrition / G. K. Pal, P. V. Suresh // *RSC Advances*. – 2016. – Vol. 6, № 40. – P. 33763–33780. DOI: <https://doi.org/10.1039/c5ra23316j>.
19. Изучение гидролиза коллагенсодержащего сырья протеолитическими ферментами / Э. Ш. Юнусов, В. Я. Пономарев, С. А. Морозова [и др.] // *Вестник казанского технологического университета*. – 2016. – Т. 19, № 24. – С. 168–170.
20. Чертова, А. С. Способы ферментирования коллагенсодержащего сырья / А. С. Чертова, Д. Н. Рузаева // *Инновационная наука*. – 2017. – № 12. – С. 70–72.
21. Биохимические основы переработки и хранения сырья животного происхождения / Ю. Г. Базарнова, Т. Е. Бурова, В. И. Марченко [и др.]. – СПб. : Проспект Науки, 2011. – 192 с.
22. Грачев, Ю. П. Математические методы планирования эксперимента / Ю. П. Грачев, Ю. М. Плаксин. – М. : ДеЛи принт, 2005. – 296 с.

References

1. Turchaninov D.V., Wilms E.A., Boyarskaya L.A., and Turchaninova M.S. The Impact Diet and Lifestyle on Public Health: Current Approaches to Assessment and Strategies for Prevention. *Food processing industry*, 2015, no. 1, pp. 8–11. (In Russ.).
2. Ulumbekova G.E. Population health in the Russian Federation: risk factors and role of healthy nutrition. *Problems of Nutrition*, 2010, vol. 79, no. 2, pp. 33–38. (In Russ.).
3. Kodentsova V.M., Vrzhesinskaya O.A., Risnik D.V., Nikityuk D.B., and Tutelyan V.A. Micronutrient status of population of the Russian Federation and possibility of its correction. State of the problem. *Problems of Nutrition*, 2017, vol. 86, no. 4, pp. 113–124. (In Russ.).
4. Gerasimenko N.F., Poznyakovskiy V.M., and Chelnokova N.G. Healthy eating and its role in ensuring the quality of life. *Technologies of food and processing industry of AIC – healthy food*, 2016, vol. 12, no. 4, pp. 52–57. (In Russ.).
5. Kuzmichev V.Yu. and Kolodyaznaya V.S. Evaluation of ostrich meat quality. *Meat Industry*, 2008, no. 11, pp. 20–24. (In Russ.).
6. Sarbatova N.Yu., Ostroukh E.A., Sycheva O.V., Epimakhova E.Eh., and Omarov R.S. Kharakteristika lineyki produktov strausovodstva [Characteristics of the ostrich farming product line]. *Pishchevaya industriya* [Food industry], 2018, vol. 36, no. 2, pp. 55–57. (In Russ.).
7. Horbańczuk O.K. and Wierzbicka A. Technological and nutritional properties of ostrich, emu, and rhea meat quality. *Journal of Veterinary Research*, 2016, vol. 60, no. 3, pp. 279–286. DOI: <https://doi.org/10.1515/jvetres-2016-0043>.
8. Sarbatova N.Yu., Omarov R.S., Izmaylova S.A., and Sychyova O.V. Teoreticheskoe obosnovanie razrabotki spetsializirovannogo myasnogo produkta na osnove myasa strausa [Theoretical justification for the development of a specialized meat product based on ostrich meat]. *Meat Technology*, 2015, vol. 149, no. 5, pp. 48–51. (In Russ.).
9. Zinina O.V., Rebezov M.B., Miroshnikova E.P., and Prokhasko L.S. Innovations in production of foods of animal origin. *Scientific Journal of Kaliningrad State Technical University*, 2016, no. 42, pp. 104–116. (In Russ.).
10. Rimareva L.V., Serba E.M., Sokolova E.N., Borshcheva Yu.A., and Ignatova N.I. Enzyme preparations and biocatalytic processes in the food industry. *Problems of Nutrition*, 2017, vol. 86, no. 5, pp. 63–74. (In Russ.).
11. Kashchenko E.A., Artemov E.S., Kurchaeva E.E., and Manzhesov V.I. Prospects of use of vegetable components and fermental preparations in the tselnokuskov technology of meat products. *Tekhnologii i tovarovedenie sel'skokhozyaystvennoy produkcii* [Technologies and commodity research of agricultural products], 2015, vol. 5, no. 2, pp. 110–114. (In Russ.).
12. Antipova L.V. and Gorbunkov M.V. Protepsin-novyy fermentnyy preparat otechestvennogo proizvodstva dlya obrabotki myasnogo i molochnogo syr'ya [Domestic protepsin-new enzyme preparation for processing meat and dairy raw materials]. *Sbornik trudov konferentsii: "Perspektivnye fermentnye preparaty i biotekhnologicheskie protsessy v tekhnologiyakh produktov pitaniya i kormov"* [Proceedings of the conference: Advantageous enzyme preparations and biotechnological processes in food and feed technologies]. Moscow, 2016, pp. 7–12. (In Russ.).
13. Mora L., Reig M., Toldrà F. Bioactive peptides generated from meat industry by-products. *Food Research International*, 2014, vol. 65, pp. 344–349. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.09.014>.
14. Verma S., Biswas S., Rindhe S.N., Kumari B., and Kumbha V.H. Effect of Tenderization on Histological, Physico-Chemical and Properties of Raw and Cooked Emu Meat Treated with Natural Tenderizers. *International Journal of Pure & Applied Bioscience*, 2018, vol. 6, no. 1, pp. 322–332. DOI: <http://doi.org/10.18782/2320-7051.5995>.
15. Bekhit A.A., Hopkins D.L., Geesink G., Bekhit A.A., and Franks P. Exogenous Proteases for Meat Tenderization. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2014, vol. 54, no. 8, pp. 1012–1031. DOI: <https://doi.org/10.1080/10408398.2011.623247>.
16. Cazarin C.B.B., Lima G.C., da Silva J.K., and Maróstica M.R. Enzymes in meat processing. In: *Chandrasekaran M. (ed) Enzymes in food and beverage processing*. Boca Raton: CRC Press Publ., 2015. pp. 337–351.
17. Arshad M.S., Kwon J.-H., Imran M., et al. Plant and bacterial proteases: A key towards improving meat tenderization, a mini review. *Cogent Food & Agriculture*, 2016, vol. 2, no. 1. DOI: <https://doi.org/10.1080/23311932.2016.1261780>.
18. Pal G.K. and Suresh P.V. Microbial collagenases: challenges and prospects in production and potential applications in food and nutrition. *RSC Advances*, 2016, vol. 6, no. 40, pp. 33763–33780. DOI: <https://doi.org/10.1039/c5ra23316j>.

19. Yunusov Eh.Sh., Ponomarev V.Ya., Morozova S.A., and Ezhkova G.O. Izuchenie gidroliza kollagensoderzhashchego syr'ya proteoliticheskimi fermentami [The hydrolysis of collagen-containing raw materials by proteolytic enzymes]. *Herald of Kazan Technological University*, 2016, vol. 19, no. 24, pp. 168–170. (In Russ.).

20. Chertova A.S. and Ruzaeva D.N. Sposoby fermentirovaniya kollagensoderzhashchego syr'ya [Methods for fermenting collagen-containing raw materials]. *Innovation Science*, 2017, no. 12, pp. 70–72. (In Russ.).

21. Bazarnova Yu.G., Burova T.E., Marchenko V.I., Smelik V.A., and Tret'yakov N.A. *Biokhimicheskie osnovy pererabotki i khraneniya syr'ya zhiivotnogo proiskhozhdeniya* [Biochemical foundations for processing and storage of raw materials of animal origin]. St. Petersburg: Prospect Nauki Publ., 2011. 192 p. (In Russ.).

22. Grachev Yu.P. and Plaksin Yu.M. *Matematicheskie metody planirovaniya ehksperimenta* [Mathematical methods of experiment planning]. Moscow: DeLi print Publ., 2005. 296 p. (In Russ.).

Колодязная Валентина Степановна

д-р техн. наук, профессор факультета пищевых биотехнологий и инженерии, ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики», 197101, Россия, г. Санкт-Петербург, Кронверкский проспект, 49, тел.: + 7 (911) 249-84-68, e-mail: kvs_holod@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-6339-4583>

Шестопалова Ирина Анатольевна

канд. техн. наук, доцент факультета пищевых биотехнологий и инженерии, ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики», 197101, Россия, г. Санкт-Петербург, Кронверкский проспект, 49, тел.: + 7 (921) 595-15-54, e-mail: irina_1_83@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-2027-205X>

Кипрушкина Елена Ивановна

д-р техн. наук, доцент факультета пищевых биотехнологий и инженерии, ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики», 197101, Россия, г. Санкт-Петербург, Кронверкский проспект, 49, тел.: + 7 (911) 697-08-47, e-mail: kipelena@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0001-5350-4550>

Рогозина Елена Андреевна

магистрант факультета пищевых биотехнологий и инженерии, ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики», 197101, Россия, г. Санкт-Петербург, Кронверкский проспект, 49, тел.: + 7 (931) 297-32-55, e-mail: lelekin_96@mail.ru

<http://orcid.org/0000-0002-0086-6520>

Головинская Оксана Владимировна

канд. техн. наук, доцент факультета Пищевых биотехнологий и инженерии, ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики», 197101, Россия, г. Санкт-Петербург, Кронверкский проспект, 49, тел.: + 7 (906) 263-84-12, e-mail: oksana2187@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0001-8246-8990>

Valentina S. Kolodyznaya

Dr.Sci.(Eng.), Professor of the Department Food Biotechnology and Engineering, Saint Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics, 49, Kronverksky Ave., St. Petersburg, 197101, Russia, phone: + 7 (911) 249-84-68, e-mail: kvs_holod@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-6339-4583>

Irina A. Shestopalova

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Department Food Biotechnology and Engineering, Saint Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics, 49, Kronverksky Ave., St. Petersburg, 197101, Russia, phone: + 7 (921) 595-15-54, e-mail: irina_1_83@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-2027-205X>

Elena I. Kiprushkina

Dr.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Department Food Biotechnology and Engineering, Saint Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics, 49, Kronverksky Ave., St. Petersburg, 197101, Russia, phone: + 7 (911) 697-08-47, e-mail: kipelena@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0001-5350-4550>

Elena A. Rogozina

Undergraduate of the Department Food Biotechnology and Engineering, Saint Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics, 49, Kronverksky Ave., St. Petersburg, 197101, Russia, phone: + 7 (931) 297-32-55, e-mail: lelekin_96@mail.ru

<http://orcid.org/0000-0002-0086-6520>

Oksana V. Golovinskaia

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Department Food Biotechnology and Engineering, Saint Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics, 49, Kronverksky Ave., St. Petersburg, 197101, Russia, phone: + 7 (906) 263-84-12, e-mail: oksana2187@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0001-8246-8990>

Разработка приемов длительного сохранения свойств молочнокислых микроорганизмов

О. В. Кригер^{ORCID}, С. Ю. Носкова*^{ORCID}

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

Дата поступления в редакцию: 20.10.2018
Дата принятия в печать: 28.12.2018

*e-mail: svykrum@mail.ru



© О. В. Кригер, С. Ю. Носкова, 2018

Аннотация. Исследования по разработке критериев подбора мультиэнзимных комплексов молочнокислых бактерий, входящих в состав заквасочных культур, совершенствование существующих и создание новых конкурентоспособных бактериальных концентратов, способов их применения в производстве кисломолочных продуктов с заданными свойствами и составом являются актуальными. Распад белка при производстве кисломолочных продуктов приводит к созданию специфического для каждого вида, вкуса и запаха, а также оказывает существенное влияние на его консистенцию. Поэтому наибольший интерес для производства кисломолочных продуктов представляют молочнокислые бактерии, обладающие высокой протеолитической активностью. Целью данной работы являлась разработка приемов длительного сохранения свойств молочнокислых микроорганизмов. В ходе работы определяли режимные параметры лиофильной сушки комбинированной закваски. Установлено, что производство кисломолочных продуктов предъявляет высокие требования к заквасочным штаммам. Разработан способ длительного сохранения свойств у выбранных штаммов молочнокислых микроорганизмов – сублимационная сушка при следующих параметрах: температура замораживания в защитной среде, содержащей 5 % глицерина, –25 °С продолжительностью 90 мин; температура сушки 30 °С; продолжительность сушки 6 ч; тепловая нагрузка 5,45 кВт/м²; остаточное давление 0,6–0,8 кПа, толщина слоя сушки 2 мм. Разработана технологическая документация (ТУ 9225-096-02054145-2013), регламент и рецептура получения кисломолочного продукта с использованием комбинированной закваски прямого внесения.

Ключевые слова. Молочнокислые бактерии, молочнокислое брожение, штаммы, молочная кислота, закваски, молочные продукты, мультиэнзимный комплекс

Для цитирования: Кригер, О. В. Разработка приемов длительного сохранения свойств молочнокислых микроорганизмов / О. В. Кригер, С. Ю. Носкова // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 4. – С. 30–38. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-4-30-38>.

Original article

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

Properties of Lactic Acid Microorganisms: Long-Term Preservation Methods

O.V. Kriger^{ORCID}, S.Yu. Noskova*^{ORCID}

Immanuel Kant Baltic Federal University,
14, A. Nevskogo Str., Kaliningrad, 236016, Russia

Received: October 20, 2018
Accepted: December 28, 2018

*e-mail: svykrum@mail.ru



© O.V. Kriger, S.Yu. Noskova, 2018

Abstract. Among the relevant studies on lactic acid bacteria there are projects devoted to the multienzyme complexes of starter cultures, new competitive bacterial concentrates and their use in fermented functional milk products. In fermented milk production, the process of albuminolysis has a significant impact on the consistency, taste, and smell of the product. Therefore, lactic acid bacteria with high proteolytic properties are of the greatest interest for fermented milk industry. The present research features long-term methods for preservation of the properties of lactic acid microorganisms. The experiment defined the regime parameters of combined starter lyophilisation. The results prove that fermented milk production requires high-quality starter strains. The authors developed a long-term method for preservation of properties of particular strains of lactic acid microorganisms. The method presupposes freeze-drying with the following parameters: freezing temperature – minus 25°C in a protective 5%-glycerol medium (90 minutes); the drying temperature – 30°C (6 hours); refrigerating load – 5.45 kW/m²; residual pressure – 0.6–0.8 kPa, bed depth – 2 mm. The authors also developed the necessary documentation (No. 9225-096-02054145-2013), procedures, and formula of the fermented milk product with a combined direct application starter.

Keywords. Lactic acid bacteria, lactic fermentation, strains, lactic acid, milk acid, dairy products, multienzyme complex

For citation: Kriger O.V. and Noskova S.Yu. Properties of Lactic Acid Microorganisms: Long-Term Preservation Methods. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2018, vol. 48, no. 4, pp. 30–38. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-4-30-38>.

Введение

Важной задачей при производстве бактериальных заквасок является их стабилизация. Наиболее распространенным способом стабилизации микробиологических препаратов является сублимационная сушка (лиофилизация).

Лиофилизация – это обезвоживание биологических объектов в замороженном состоянии под вакуумом. При сублимационном способе сушки удаление влаги осуществляется фазовым переходом лед – пар. Основное количество влаги (75–90 %) удаляется при сублимации льда при температуре ниже °С, и только удаление остаточной влаги происходит при нагреве материала до 40–60 °С [1].

Для сохранения высокой жизнеспособности микроорганизмов в процессе лиофильной сушки и последующем хранении используют различные защитные среды (стабилизаторы): сыворотку крови животных, альбумин, обезжиренное молоко, желатину, желатозу, пептон, сахарозу, сорбит, поливинилпирролидон, глутамат натрия и их комбинации [1, 2].

Первой технологической операцией сублимационной сушки является замораживание биологического материала. В процессе замораживания из объекта испаряется 10–15 % всей влаги за счет выделения теплоты плавления льда при замерзании воды.

Второй период (сублимация) характеризуется постоянной скоростью сушки объекта. В это время удаляется основная масса влаги. Третий период удаления остаточной влаги характеризуется падающей скоростью сушки, температура объекта становится положительной. В этот период удаляется связанная влага, не замерзшая в объекте. Скорость сушки зависит от интенсивности подвода тепла. Температура объекта постепенно увеличивается до температуры окружающей среды [1, 3].

Сублимационная сушка обеспечивает длительные сроки хранения (до 10 лет) биологических материалов и максимальную степень восстанавливаемости [2, 3].

Свойства готового микробиологического препарата во многом зависят от режимных параметров процесса лиофилизации. В настоящее время вопрос о выборе параметров и режимов сублимационной сушки микроорганизмов не теряет своей актуальности, поскольку действие низких температур на микроорганизмы может приводить к внутри- и внеклеточным изменениям. Максимальное повреждающее действие оказывает внутриклеточное образование льда, приводящее к нарушению плазматических мембран и клеточных оболочек. Образование льда приводит также к повышению концентрации внутри- и внеклеточных растворов. Это ведет к денатурации белков и нарушению барьеров проницаемости [2].

Рациональный режим сублимационной сушки должен обеспечить минимальную продолжительность

и энергоемкость процесса при наилучших качественных показателях высушенного объекта. Продолжительность лиофилизации зависит от интенсивности сушки, то есть от количества влаги, удаленной с единицы площади поверхности высушиваемого биоматериала в единицу времени [1].

Целью данной работы являлась разработка приемов длительного сохранения свойств молочнокислых микроорганизмов. В ходе работы устанавливали режимные параметры лиофильной сушки комбинированной закваски.

Объекты и методы исследования

При проведении исследований использовали общепринятые, стандартные и оригинальные методы биохимического, физико-химического и микробиологического анализа, в том числе спектофотометрию, электрофорез в полиакриламидном геле по Лэммли, хроматографию, метод Дюма.

Исследовали консервирование заквасочной культуры способом сублимационной сушки. На основании теплофизических характеристик, протеолитической активности, количества удаленной влаги, органолептических показателей и антагонистических свойств подбирали параметры сублимационной (температура замораживания, состав защитной среды, температура сушки, тепловая нагрузка, остаточное давление, толщина слоя, продолжительность) сушки комбинированной закваски.

Определение протеолитической активности молочнокислых бактерий. Готовили 10 % раствор восстановленного обезжиренного молока в дистиллированной воде. Для отделения нерастворимого осадка полученный раствор центрифугировали при 4000 об/мин в течение 20 мин; отбирали супернатант и пастеризовали его при 85 °С в течение 15 мин. Молочнокислые бактерии культивировали в пастеризованном 10 % растворе обезжиренного молока в течение 18 ч при оптимальной температуре и оценивали полученный сгусток (1 перевивка). Далее, ферментированным обезжиренным молоком, полученным на стадии 1 перевивки, инокулировали очередную порцию пастеризованного молока (2 перевивка), выдерживали в течение 24 ч. Образцы хранили при 8 °С.

Для получения бактериальной суспензии образцы ферментированного обезжиренного молока смешивали с фосфатно-цитратным буфером (рН 7,0) в соотношении 2:3, центрифугировали при 6000 об/мин в течение 10 мин – 1 цикл. Осадок ресуспендировали в фосфатном буфере, центрифугировали при 8000 об/мин в течение 20 мин – 2 и 3 циклы. Отбирали супернатант, а осадок ресуспендировали в 40–45 мл фосфатного буфера (рН 6,5) и измеряли оптическую плотность (при длине волны 600 нм (ОП600)) полученной

Таблица 1 – Молочнокислые штаммы

Table 1 – Lactic acid strains

Род, вид штамма	Номер штамма
<i>Lactococcus lactis</i>	B 5946
<i>Lactococcus lactis subspecies cremoris</i>	B 2276
<i>Lactobacillus plantarum</i>	B 3242
<i>Leuconostoc mesenteroides subspecies mesenteroides</i>	B 8404

бактериальной суспензии. При изучении протеолитической активности комбинаций микроорганизмов, полученные бактериальные суспензии смешивали в равном соотношении.

В качестве субстрата использовали 0,5 % раствор белков молока (Fluka, Швейцария) в фосфатно-цитратном буфере (рН 6,5).

Контрольная проба – 150 мкл субстрата смешивали с 150 мкл бактериальной суспензии и немедленно отбирали 50 мкл образца для электрофореза по Лэммли. Для инактивации протеаз в 250 мкл смеси вносили 500 мкл 12 % трихлоруксусной кислоты и инкубировали в течение 10 мин при комнатной температуре. Центрифугировали при 13000 об/мин 5 мин.

Опытные образцы – 150 мкл субстрата смешивали с 150 мкл бактериальной суспензии, инкубировали при 37 °С в течение 24 ч, отбирали 50 мкл для электрофоретического анализа. Далее, вносили 12 % трихлоруксусной кислоты и готовили аналогично контрольным образцам.

Определение антибиотических свойств лактобактерий на плотной питательной среде проводили методом перпендикулярных штрихов и методом блоков. Культуру исследуемого штамма высевали штрихом в чашки Петри на питательную среду и инкубировали при оптимальной температуре в течение 2 ч для образования и диффузии в агар ингибиторных соединений. Затем подсевали штрихом экспоненциальную культуру тест-штамма (*Escherichia coli* или *Staphylococcus aureus*). Чашку вновь инкубировали при температуре 37 °С в течение 2 ч. При определении антимикробной активности лактобактерий методом блоков испытываемую культуру микроорганизмов высевали глубинным способом в питательный агар в

Таблица 2 – Химический состав закваски, состоящей из штаммов *Lactococcus lactis* B 5946, *Leuconostoc mesenteroides subsp. mesenteroides* B 8404, *Lactobacillus plantarum* B 3242 и *Lactococcus lactis subsp. cremoris* B 2276

Table 2 – The chemical composition of the starter, consisting of the strains of *Lactococcus lactis* B 5946, *Leuconostoc mesenteroides subsp. mesenteroides* B 8404, *Lactobacillus plantarum* B 3242, and *Lactococcus lactis subsp. cremoris* B 2276

Показатель	Значение показателя
Массовая доля общего белка, %	3,00 ± 0,01
Массовая доля сухих веществ, %	12,5 ± 0,5
Концентрация молочной кислоты, мг/см ³	10,3 ± 1,5

Таблица 3 – Теплофизические характеристики комбинированной закваски в жидком и замороженном состоянии

Table 3 – Thermal characteristics of the combined starter in the liquid and frozen state

Состояние закваски	Жидкий препарат (t = 20 °С)	Замороженный препарат (t = -24 °С)
Температуропроводность $a \times 10^7, \text{ м}^2/\text{с}$	1,35 ± 0,07	0,545 ± 0,027
Теплопроводность $\lambda, \text{ Вт}/(\text{м} \times \text{К})$	9,02 ± 0,45	1,89 ± 0,09
Плотность $\rho, \text{ кг}/\text{м}^3$	1029,1 ± 20,6	960,5 ± 48,0
Массовая теплоемкость $c_m, \text{ Дж}/(\text{кг} \times \text{К})$	3845,0 ± 192,3	2180,0 ± 109,0

чашке Петри и инкубировали при оптимальной температуре в течение 24 ч. Затем стерильным пробочным сверлом вырезали агаровый диск (блок) с выросшей культурой лактобактерий и устанавливали его в другой чашке Петри на поверхности агаровой среды, только что засеянной культурой тест-штамма (*Escherichia coli* или *Staphylococcus aureus*). Чашку инкубировали при 37 °С в течение 36 ч.

Вывод об антибиотической активности молочнокислых микроорганизмов делали на основе величины ширины зоны ингибирования.

Массовую долю влаги и сухого вещества определяли согласно ГОСТ 3626-77 [4].

Экспериментальные данные обрабатывали методом математической статистики на ЭВМ. Для дальнейшей обработки применяли пакет программ WinStat или Statistica 5.0.

На основании анализа полученных данных разрабатывали рецептуру и технологическую схему производства кисломолочного продукта с использованием комбинированной закваски прямого внесения, исследовали состав и свойства разработанного кисломолочного продукта. Рассчитывали ожидаемую экономическую эффективность. Полученные результаты учитывали при разработке технической документации и промышленной апробации.

Объектами исследования являлись штаммы молочнокислых микроорганизмов, предоставленные ВКПМ ФГУП «ГосНИИгенетика» (<http://www.genetika.ru/vkpm>), которые отражены в таблице 1.

Результаты и их обсуждение

При изучении закономерностей сублимационной сушки биологических объектов важное значение имеют теплофизические свойства во всем диапазоне температурного воздействия.

При определении теплофизических характеристик биологических объектов важной исходной информацией являются данные о химическом составе. Химический состав комбинированной закваски представлен в таблице 2.

Данные таблицы 2 свидетельствуют о том, что химический состав комбинированной закваски



Рисунок 1 – Результаты термического анализа:

1 – температура закваски, 2 – температура хладоносителя

Figure 1 – Results of thermal analysis:

1 – starter temperature, 2 – coolant temperature

на основе молочнокислых микроорганизмов соответствует требованиям нормативной документации на кисломолочные продукты.

Для оценки теплофизических характеристик комбинированной закваски в жидком и замороженном состоянии применяли первый буферный метод двух температурно-временных интервалов [5–7, 12]. Теплофизические характеристики комбинированной закваски на основе лактобактерий в жидком и замороженном состоянии представлены в таблице 3.

Из таблицы 3 видно, что замораживание комбинированной закваски значительно влияет на теплофизические свойства: наблюдается увеличение температуропроводности в 6,7 раз, теплопроводности – в 3,5 раза, уменьшение массовой теплоемкости – в 1,7 раз, уменьшение плотности – в 1,07 раз.

Важным показателем заквасок при разработке технологий их лиофилизации является криоскопическая температура – температура начала кристаллизации содержащейся в них воды.

В данной работе определение криоскопической температуры комбинированной закваски проводили методом термического анализа на основании построения кривых зависимости температуры от продолжительности замораживания (рис. 1).

На основании рисунка 1 определена криоскопическая температура комбинированной закваски. Она составляет $-1,20$ °С.

Далее, подбирали температуру и продолжительность замораживания комбинированной закваски и исследовали влияние замораживания на свойства комбинации молочнокислых микроорганизмов.

Изучали процесс замораживания комбинированной закваски вплоть до температуры -25 °С.

Термограмма замораживания закваски при температуре охлаждающей среды -25 °С представлена на рисунке 2.

Из рисунка 2 видно, что термограмма содержит три участка. Первый участок продолжительностью 10 мин характеризуется стабильным снижением

температуры. Начало второго участка соответствует криоскопической температуре комбинированной закваски ($-1,20$ °С). Этот участок представляет собой изотермическую площадку. На данном этапе происходит процесс кристаллизации влаги в высушиваемой комбинации микроорганизмов. Продолжительность кристаллизации влаги составила 30 мин. Для третьего участка на термограмме характерно быстрое понижение температуры закваски. Это процесс охлаждения. По мере приближения температуры закваски к температуре охлаждающей среды наклон кривой уменьшается и термограмма становится более полой.

Исходя из представленной термограммы, определили продолжительность замораживания комбинированной закваски 90 мин при температуре -25 °С.

При замораживании микроорганизмов особое внимание уделяется составу защитной среды, содержащей криопротекторы, проникающие через клеточную мембрану бактерий и обеспечивающие внутри- и внеклеточную защиту от замораживания. В качестве криопротекторов могут быть использованы следующие вещества: глицерин, диметилсульфоксид, сахароза, лактоза, глюкоза, маннит, сорбит, декстран, поливинилпирролидон, полигликоль и др [8, 12].

В данной работе выбор криопротекторов для молочнокислых микроорганизмов осуществляли из следующих веществ: глицерин, лактоза, поливинилпирролидон. Одинаковые количества комбинированной закваски с исходной протеолитической активностью 2100 Е/мг вносили в девять стеклянных флаконов, в которые затем добавляли три исследуемых криопротектора в разных концентрациях. Флаконы закрывали несколькими слоями марли и замораживали в воздушной среде при температуре -25 °С.

Из рисунков литературных источников [9, 13–16] известно, что быстрое нагревание замороженных микроорганизмов приводит к их быстрому восстановлению. В связи с этим после 12 часовой выдержки при температуре -25 °С флаконы размораживали на водяной бане при 37 °С и слабым встряхиванием, после чего регистрировали протеолитическую активность каждого образца. Полученные результаты представлены в таблице 4.

Из таблицы 4 следует, что максимальное сохранение протеолитической активности закваски обеспечивает защитная среда на основе глицерина с концентрацией 5 %. В этом случае сохраняется 97,5 % протеолитической активности молочнокислых бактерий.

Таким образом, выбраны параметры замораживания комбинированной закваски: температура -25 °С, продолжительность 90 мин, защитная среда, содержащая 5 % глицерина.

Основными режимными параметрами сублимационной сушки являются: температура сушки, продолжительность сушки, тепловая нагрузка, остаточное давление, толщина слоя сушки [10, 11, 17, 18].

Таблица 4 – Влияние различных криопротекторов на протеолитическую активность комбинированной закваски
Table 4 – The effect of various cryoprotectants on the proteolytic activity of the combined starter

Состав образца	Протеолитическая активность после размораживания	
	Е/мг белка	% от исходной
Комбинированная закваска + 2,5 % глицерина	1790,0	85,2
Комбинированная закваска + 5 % глицерина	2047,0	97,5
Комбинированная закваска + 10 % глицерина	1914,0	91,1
Комбинированная закваска + 2,5 % лактозы	1345,0	64,0
Комбинированная закваска + 5 % лактозы	1400,0	66,7
Комбинированная закваска + 10 % лактозы	1443,0	68,7
Комбинированная закваска + 2,5 % поливинилпирролидона	1612,0	76,8
Комбинированная закваска + 5 % поливинилпирролидона	1800,0	85,7
Комбинированная закваска + 10 % поливинилпирролидона	1810,0	86,2

Оценку температуры и продолжительности сублимационной сушки комбинированной закваски проводили при постоянных значениях тепловой нагрузки и остаточного давления. Исследовали влияние уровня стабилизации температуры высушенного слоя на продолжительность лиофилизации микроорганизмов. Кривые сушки комбинированной закваски при исследуемых уровнях стабилизации высушенного слоя (20 °С, 30 °С, 40 °С) представлены на рисунке 3.

Рисунок 3 свидетельствует о том, что с повышением температуры сушки сокращается ее продолжительность. Эти данные согласуются

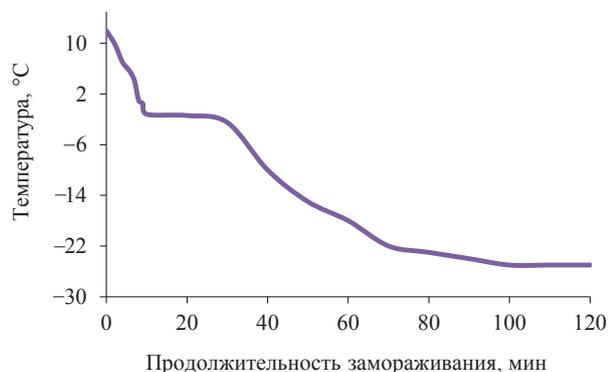


Рисунок 2 – Термограмма замораживания комбинированной закваски

Figure 2 – Freezing thermogram of the combined starter

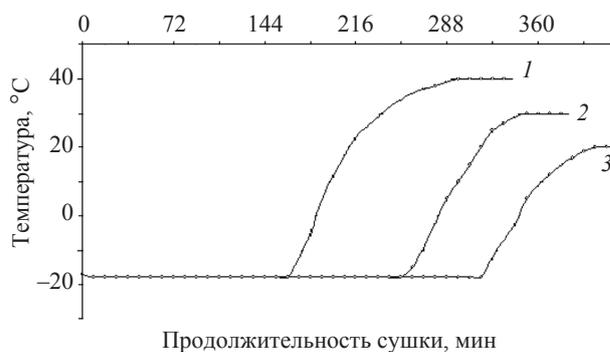


Рисунок 3 – Кривые сушки комбинированной закваски при температурах стабилизации высушенного слоя: 1 – 40 °С; 2 – 30 °С; 3 – 20 °С

Figure 3 – Drying curves of the combined starter at the following stabilization temperatures of the dried layer: 1 – 40°C; 2 – 30°C; 3 – 20°C

с количеством удаленной из закваски влаги в процессе сублимационной сушки (табл. 5).

Из таблицы 5 следует вывод о том, что с повышением уровня стабилизации температуры высушенного слоя увеличивается количество влаги, удаленной в период сублимации, и уменьшается количество влаги, удаленной в период прогрева.

С целью выбора оптимальной температуры и продолжительности сублимационной сушки закваски изучали также протеолитическую активность и органолептические показатели получаемых сгустков (табл. 6, 7).

Из таблицы 6 видно, что максимальная протеолитическая активность характерна для закваски, высушенной при температуре 30 °С.

На основании оценки органолептических показателей установлено, что при температурах сушки более 40 °С качество формируемого сгустка существенно снижается.

Таким образом, установлена оптимальная температура сублимационной сушки комбинированной закваски 30 °С продолжительностью 6 ч.

Важным параметром процесса сублимационной сушки является плотность теплового потока (тепловая нагрузка) – количество теплоты,

Таблица 5 – Количество влаги, удаленной из комбинированной закваски в процессе сублимационной сушки

Table 5 – The amount of moisture removed from the combined starter during freeze-drying

Период сублимационной сушки	Количество влаги, удаленной во время сушки, % от общего количества, при температуре, °С				
	5	15	20	30	40
Вакуумирование системы	21	24	22	21	21
Сублимация	46	58	60	63	68
Прогрев	42	27	25	22	19
Общая продолжительность, мин	400	360	320	260	240

Таблица 6 – Влияние температуры сушки комбинированной закваски на протеолитическую активность

Table 6 – The effect of the drying temperature of the combined starter on proteolytic activity

Температура сушки, °С	Протеолитическая активность, Е/мг белка
20	2095,0
30	2110,0
40	1965,0

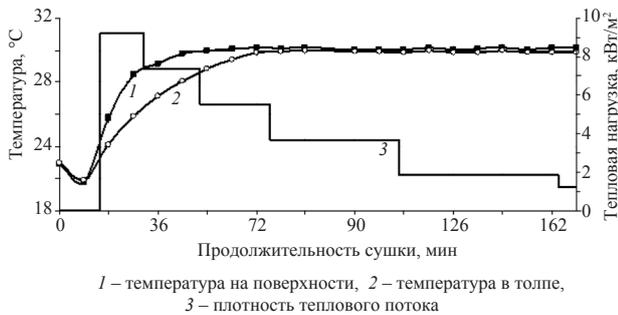


Рисунок 4 – Кривые вакуумной сушки комбинированной закваски при тепловой нагрузке 9,10 кВт/м²

Figure 4 – Vacuum drying curves for the combined starter at the heat load of 9.10 kW/m²

подведенное от нагревателей к единице площади высушиваемого продукта. От величины тепловой нагрузки зависит скорость достижения рациональной температуры сушки. Рациональную тепловую нагрузку необходимо подбирать с учетом температуры сушки, физико-химических и органолептических показателей высушиваемого продукта, продолжительности и энергозатрат процесса.

Исследования по подбору рациональной тепловой нагрузки для комбинированной закваски проводили при следующих значениях: 9,10; 5,45; 1,82 кВт/м². Температура сушки в экспериментах по определению рациональной тепловой нагрузки составляла 30 °С. Полученные результаты представлены на рисунках 4–6.

Из рисунков 4–6 следует, что с увеличением тепловой нагрузки продолжительность достижения поверхностью закваски температуры 30 °С сокращается. При тепловой нагрузке 9,10 кВт/м² температура поверхности закваски достигнута

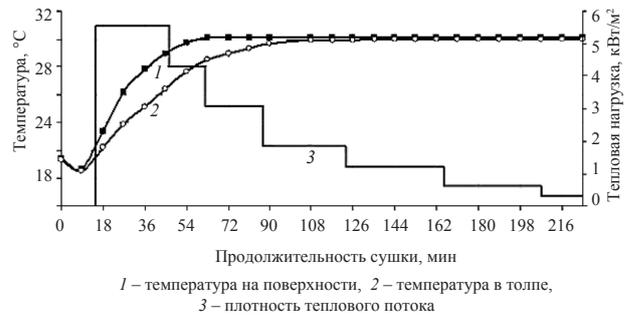


Рисунок 5 – Кривые вакуумной сушки комбинированной закваски при хранения тепловой нагрузке 5,45 кВт/м²

Figure 5 – Vacuum drying curves for the combined starter at the heat load of 5.45 kW/m²

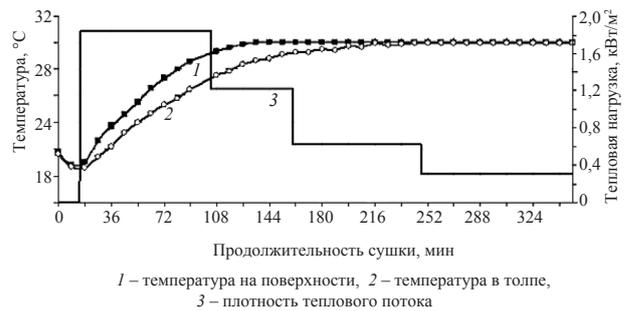


Рисунок 6 – Кривые вакуумной сушки комбинированной закваски при тепловой нагрузке 1,82 кВт/м²

Figure 6 – Vacuum drying curves for the combined starter at the thermal load of 1.82 kW/m²

за 55 минут; при 5,45 кВт/м² – 60–65 минут; при 1,82 кВт/м² – 140–150 минут.

Уменьшение тепловой нагрузки менее 5,45 кВт/м² неоправданно увеличивает продолжительность сушки до 8–13 часов. При тепловых нагрузках менее 5,0 кВт/м² комбинированная закваска имеет повышенную массовую долю влаги (рис. 7).

Рациональной тепловой нагрузкой для вакуумной сушки комбинированной закваски следует считать величину 5,45 кВт/м², так как при этой тепловой нагрузке продолжительность процесса сушки минимальна (60–65 мин), а массовая доля влаги в высушенной закваске не превышает 4,5 %.

Рациональный режим сушки осуществляется при минимальной затрате тепла и энергии и состоит в максимальном сохранении химико-технологических показателей объекта. Для осуществления такого

Таблица 7 – Влияние температуры сушки комбинированной закваски на органолептические показатели сгустка

Table 7 – The effect of the drying temperature of the combined starter on the organoleptic characteristics of the clot

Т, °С	Показатель		
	Внеш. вид и консистенция	Вкус и запах	Цвет
20	Однородная, в меру вязкая, без отделения сыворотки	Чистый кисломолочный, без посторонних привкусов и запахов	Молочно-белый, равномерный по всей массе
30	Однородная, в меру вязкая, без отделения сыворотки	Чистый кисломолочный, без посторонних привкусов и запахов	Молочно-белый, равномерный по всей массе
40	Однородная, вязкая, незначительное отделение сыворотки	Слабовыраженный	От белого до кремового, неравномерный

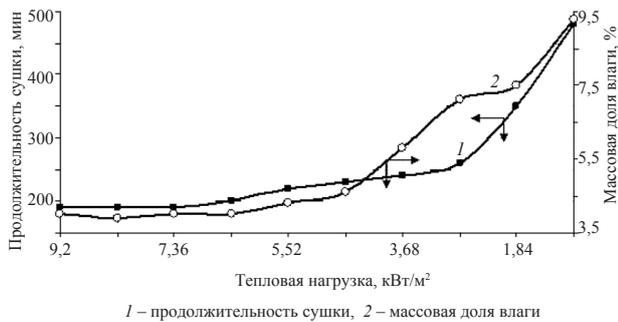


Рисунок 7 – Зависимость продолжительности сушки и массовой доли влаги в закваске от величины тепловой нагрузки

Figure 7 – The dependence of the drying time and the mass fraction of moisture in the starter on the heat load

режима сублимационной сушки необходимо знать, кроме рациональной температуры сушки и тепловой нагрузки, величину остаточного давления.

Для определения рациональной величины остаточного давления при сублимационной сушке комбинированной закваски проведены исследования при следующих его значениях: 0,3–0,5, 0,6–0,8, 1,0–1,2 кПа.

Продолжительность процесса сублимационной сушки комбинированной закваски при различных остаточных давлениях представлена в таблице 8.

Из таблицы 8 следует, что продолжительность сушки возрастает с увеличением остаточного давления. Для обоснованного выбора величины остаточного давления получены данные по удельным затратам теплоты (табл. 9).

Наименьшие удельные затраты теплоты характерны для остаточного давления 0,6–0,8 кПа. При остаточном давлении 0,3–0,5 кПа затраты теплоты увеличиваются из-за повышения коэффициентов рабочего времени холодильной машины и вакуумных насосов.

На основании анализа данных, представленных в таблицах 8–9, выбрана величина остаточного давления для осуществления процесса сублимационной сушки комбинированной закваски: 0,6–0,8 кПа.

Толщина слоя сушки является важным фактором, определяющим процесс сублимационной сушки (кинетику, скорость сушки) и качество сухого продукта (органолептические, физико-химические показатели).

Исследования по определению рациональной толщины слоя сублимационной сушки комбинированной закваски проводили при выбранных ранее режимных параметрах. Толщину слоя сушки варьировали от 1 до 3 мм с шагом 1 мм. Дальнейшее увеличение толщины слоя сушки нецелесообразно в связи с увеличением продолжительности сушки. С увеличением толщины слоя сушки продолжительность достижения центральными слоями закваски рациональной температуры увеличивается. Температура 30 °C достигается при толщине 1 мм за 110 мин; 2 мм – 190 мин; 3 мм – 360 мин.

Таблица 8 – Продолжительность сублимационной сушки комбинированной закваски в зависимости от величины остаточного давления, мин

Table 8 – Freeze-drying time of the combined starter and its dependence on the residual pressure, min

Остаточное давление, кПа	Продолжительность сушки, мин
0,3–0,5	160
0,6–0,8	240
1,0–1,2	320

Таблица 9 – Удельные затраты теплоты в зависимости от остаточного давления

Table 9 – Specific heat consumption and its dependence on residual pressure

Остаточное давление, кПа	Удельные затраты теплоты, кВт на кг удаленной влаги
0,3–0,5	1,0–1,2
0,6–0,8	0,7–0,8
1,0–1,2	1,2–1,5

Выводы

Окончательный выбор толщины слоя сушки, кроме продолжительности процесса, должен основываться на содержании массовой доли влаги в высушенной закваске.

Установлено, что массовую долю влаги не более 5,0 % имеет закваска, высушенная при толщине слоя не более 2 мм. С увеличением толщины слоя сушки массовая доля влаги возрастает. На основании проведенных экспериментов выбрана толщина слоя сушки комбинированной закваски – 2 мм.

Установлены режимные параметры сублимационной сушки комбинированной закваски: температура замораживания в защитной среде, содержащей 5 % глицерина, –25 °C продолжительностью 90 мин; температура сушки 30 °C; продолжительность сушки 6 ч; тепловая нагрузка 5,45 кВт/м²; остаточное давление 0,6–0,8 кПа, толщина слоя сушки – 2 мм.

После сублимационного высушивания комбинированной закваски при выбранных режимных параметрах ее хранили в течение 9 месяцев, контролируя протеолитическую и антагонистическую активность через каждый месяц.

Данные исследования свидетельствуют о высокой стабильности функциональной активности комбинированной закваски, высушенной сублимационным способом. После 9 месяцев хранения остаточная протеолитическая активность закваски составила 73,0 % от исходной.

Данные по антагонистической активности высушенной закваски после 3, 6 и 9 месяцев хранения свидетельствуют о сохранении высокой антагонистической активности лиофилизированной комбинированной закваски в процессе хранения.

Результаты анализа протеолитических и антагонистических свойств лиофилизированной комбинированной закваски в процессе хранения свидетельствуют о высокой эффективности

сохранения свойств выбранных штаммов молочнокислых микроорганизмов путем лиофильной сушки при подобранных режимных параметрах.

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Вакуумная сушка бактериальных концентратов и заквасок молочных бактерий / Н. Э. Каухчешвили, А. Ю. Харитонов, Н. П. Сорокина [и др.] // *Молочная промышленность*. – 2011. – № 5. – С. 30–31.
2. Фролова, М. Д. Особенности разработки лиофилизированных заквасок / М. Д. Фролова // *Молочная промышленность*. – 2008. – № 6. – С. 70–71.
3. Selected lactic acid bacteria as a hurdle to the microbial spoilage of cheese: Application on a traditional raw ewes' milk cheese / L. Settanni, R. Gaglio, R. Guarcello [et al.] // *International Dairy Journal*. – 2013. – Vol. 32, № 2. – P. 126–132. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2013.04.010>.
4. ГОСТ 3626-77. Молоко и молочные продукты. Методы определения влаги и сухого вещества. – М.: Стандартинформ, 2014. – 11 с.
5. Novoselova, M. V. Technological options for the production of lactoferrin / M. V. Novoselova, A. Yu. Prosekov // *Foods and Raw Materials*. – 2016. – Vol. 4, № 1. – P. 90–101. DOI: <https://doi.org/10.21179/2308-4057-2016-1-90-101>.
6. Formation and study of symbiotic consortium of lactobacilli to receive a direct application starter / S. A. Sukhikh, V. Y. Krumlikov, A. O. Evsukova [et al.] // *Foods and Raw Materials*. – 2017. – Vol. 5, № 1. – P. 51–62. DOI: <https://doi.org/10.21179/2308-4057-2017-1-51-62>.
7. Development of osmotically active compositions for milk-based products with intermediate humidity / M. Strizhko, A. Kuznetsova, A. Galstyan [et al.] // *Bulletin of the International Dairy Federation*. – 2014. – № 472. – P. 35–40.
8. Kriger, O. Characteristics of The Molecular Weight Distribution of The Prion Protein Fractions in Blood and Milk Processing Products / O. Kriger, A. Lisitsyn, A. Prosekov // *Biosciences Biotechnology Research Asia*. – 2016. – Vol. 13, № 1. – P. 85–90. DOI: <https://doi.org/10.13005/bbra/2007>.
9. Functional properties of the enzyme-modified protein from oat bran / A. Prosekov, O. Babich, O. Kriger [et al.] // *Food Bioscience*. – 2018. – Vol. 24. – P. 46–49. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2018.05.003>.
10. The proteolytic activity research of the lactic acid microorganisms of different taxonomic groups / A. Prosekov, O. Babich, S. Asukhikh [et al.] // *World Applied Sciences Journal*. – 2013. – Vol. 23, № 10. – P. 1284–1290. DOI: <https://doi.org/10.5829/idosi.wasj.2013.23.10.13143>.
11. Prosekov, A. Yu. Theory and practice of prion protein analysis in food products / A. Yu. Prosekov // *Foods and Raw Materials*. – 2014. – Vol. 2, № 2. – P. 106–120. DOI: <https://doi.org/10.12737/5467>.
12. Перфильев, Г. Д. Состав микрофлоры заквасок и концентратов для сыроделия / Г. Д. Перфильев, Н. П. Сорокина, Н. В. Сулов // *Сыроделие*. – 1999. – № 3. – С. 10–13.
13. Калинова, М. В. Новая бактериальная закваска «LAT YC» в сыроделии / М. В. Калинова // *Известия нижевожского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование*. – 2011. – Т. 22, № 2. – С. 123–127.
14. Prosekov, A. Yu. Food security: The challenge of the present / A. Yu. Prosekov, S. A. Ivanova // *Geoforum*. – 2018. – Vol. 91. – P. 73–77. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2018.02.030>.
15. Королева, Н. С. Способ приготовления сухих заквасок / Н. С. Королева, И. Н. Пятницына, Л. А. Банникова // *Молочная промышленность*. – 1984. – № 5. – С. 27–29.
16. Регулирование и контроль процессов биосинтеза молочнокислых бактерий / Д. А. Киселев, О. С. Корнеева, Е. А. Мотина [и др.] // *Фундаментальные исследования*. – 2012. – № 4–2. – С. 391–395.
17. Prosekov, A. Yu. Determination of cinnamic acid by capillary zone electrophoresis using ion-pair reagents / A. Yu. Prosekov, O. V. Mudrikova, O. O. Babich // *Journal of Analytical Chemistry*. – 2012. – Vol. 67, № 5. – P. 474–477. DOI: <https://doi.org/10.1134/S1061934812030100>.
18. Сорокина, Н. П. Контроль качества бактериальных концентратов и заквасок / Н. П. Сорокина // *Молочная промышленность*. – 2008. – № 2. – С. 20.

References

1. Kauhcheshvili N.E., Haritonov A.Yu., Sorokina N.P., and Smirnov E.A. Vacuum drying of the bacterial concentrates and lactic acid bacteria starter cultures. *Dairy Industry*, 2011, no. 5, pp. 30–31. (In Russ.).
2. Frolova M.D. Some special aspects of the lyophilized starter cultures development. *Dairy Industry*, 2008, no. 6, pp. 30–71. (In Russ.).
3. Settanni L., Gaglio R., Guarcello R., et al. Selected lactic acid bacteria as a hurdle to the microbial spoilage of cheese: Application on a traditional raw ewes' milk cheese. *International Dairy Journal*, 2013, vol. 32, no. 2, pp. 126–132. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2013.04.010>.
4. State Standard 3626-77. Milk and milk products. Methods for determination of moisture and dry substance. Moscow: Standartinform Publ., 2014. 11 p.
5. Novoselova M.V. and Prosekov A.Yu. Technological options for the production of lactoferrin. *Foods and Raw Materials*, 2016, vol. 4, no. 1, pp. 90–101. DOI: <https://doi.org/10.21179/2308-4057-2016-1-90-101>.

6. Sukhikh S.A., Krumlikov V.Y., Evsukova A.O., and Asyakina L.K. Formation and study of symbiotic consortium of lactobacilli to receive a direct application starter. *Foods and Raw Materials*, 2017, vol. 5, no. 1, pp. 51–62. DOI: <https://doi.org/10.21179/2308-4057-2017-1-51-62>.
7. Strizhko M., Kuznetsova A., Galstyan A., et al. Development of osmotically active compositions for milk-based products with intermediate humidity. *Bulletin of the International Dairy Federation*, 2014, no. 472, pp. 35–40.
8. Kriger O., Lisitsyn A., and Prosekov A. Characteristics of The Molecular Weight Distribution of The Prion Protein Fractions in Blood and Milk Processing Products. *Biosciences Biotechnology Research Asia*, 2016, vol. 13, no. 1, pp. 85–90. DOI: <https://doi.org/10.13005/bbra/2007>.
9. Prosekov A., Babich O., Kriger O., et al. Functional properties of the enzyme-modified protein from oat bran. *Food Bioscience*, 2018, vol. 24, pp. 46–49. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2018.05.003>.
10. Prosekov A., Babich O., Asukhikh S., Noskova S., and Dushlyuk L. The proteolytic activity research of the lactic acid microorganisms of different taxonomic groups. *World Applied Sciences Journal*, 2013, vol. 23, no. 10, pp. 1284–1290. DOI: <https://doi.org/10.5829/idosi.wasj.2013.23.10.13143>.
11. Prosekov A.Yu. Theory and practice of prion protein analysis in food products. *Foods and Raw Materials*, 2014, vol. 2, no. 2, pp. 106–120. DOI: <https://doi.org/10.12737/5467>.
12. Perfil'ev G.D., Sorokina N.P., and Suslov N.V. Sostav mikroflory zakvasok i koncentratov dlya syrodeliya [The composition of the microflora of starters and concentrates for cheese making]. *Magazine Cheesemaking and Buttermaking*, 1999, no. 3, pp. 10–13. (In Russ.).
13. Kalinova M.V. Novaya bakterial'naya zakvaska "LAT YC" v syrodellii [New bacterial starter "LAT YC" in cheese making]. *Proceedings of Nizhnevolzhskiy agrouniversity complex: science and higher vocational education*, 2011, vol. 22, no. 2, pp. 123–127. (In Russ.).
14. Prosekov A.Yu. and Ivanova S.A. Food security: The challenge of the present. *Geoforum*, 2018, vol. 91, pp. 73–77. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2018.02.030>.
15. Koroleva N.S., Pyatnitsyna I.N., and Bannikova L.A. Sposob prigotovleniya sukhikh zakvasok [A preparation method for a dry starter]. *Dairy Industry*, 1984, no. 5, pp. 27–29. (In Russ.).
16. Kiselev D.A., Korneeva O.S., Motina E.A., and Shuvaev P.V. Lactic acid bacteria biosynthesis regulation and control. *Fundamental research*, 2012, no. 4–2, pp. 391–395. (In Russ.).
17. Prosekov A.Yu., Mudrikova O.V., and Babich O.O. Determination of cinnamic acid by capillary zone electrophoresis using ion-pair reagents. *Journal of Analytical Chemistry*, 2012, vol. 67, no. 5, pp. 474–477. DOI: <https://doi.org/10.1134/S1061934812030100>.
18. Sorokina N.P. Quality control of the bacterial concentrates and starter cultures. *Dairy Industry*, 2008, no. 2, pp. 20. (In Russ.).

Кригер Ольга Владимировна

д-р техн. наук, профессор Института живых систем, ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта», 236016, Россия, г. Калининград, ул. А. Невского, 14, тел.: +7 (923) 498-45-64, e-mail: olgakruger58@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-1489-0716>

Olga V. Kriger

Dr.Sci.(Eng.), Professor of the Institute of Living Systems, Immanuel Kant Baltic Federal University, 14, A. Nevskogo Str., Kaliningrad, 236016, Russia, phone: +7 (923) 498-45-64, e-mail: olgakruger58@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-1489-0716>

Носкова Светлана Юрьевна

канд. техн. наук, менеджер Института живых систем, ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта», 236016, Россия, г. Калининград, ул. А. Невского, 14, тел.: +7 (923) 616-79-56, e-mail: svykrum@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-1198-1951>

Svetlana Yu. Noskova

Cand.Sci.(Eng.), Manager of the Institute of Living Systems, Immanuel Kant Baltic Federal University, 14, A. Nevskogo Str., Kaliningrad, 236016, Russia, phone: +7 (923) 616-79-56, e-mail: svykrum@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-1198-1951>

Изучение закономерностей получения импортозамещающей пищевой добавки Е316 – изоаскорбата натрия

М. Ю. Кукин 

Всероссийский научно-исследовательский институт
пищевых добавок,

Дата поступления в редакцию: 06.12.2018
Дата принятия в печать: 28.12.2018

191014, Россия, г. Санкт-Петербург, Литейный проспект, 55

e-mail: mk-1980_2@mail.ru



© М. Ю. Кукин, 2018

Аннотация. Одним из наиболее востребованных в пищевой промышленности антиоксидантов является изоаскорбат натрия. В России он не производится, а ввозится из-за рубежа. Поэтому актуальной задачей является изучение закономерностей получения и разработка технологии изоаскорбата натрия с целью импортозамещения. Массовую долю основного вещества в растворе и кристаллах целевого продукта определяли йодометрическим титрованием. Установлено, что скорость окислительной деградации растворов изоаскорбата натрия в зависимости от температуры и продолжительности процесса, контакта с металлом и кислородом воздуха находится в пределах от 0,01 %/ч при температуре 25 °С до 0,80 %/ч при температуре 82 °С. Обоснован выбор металлического оборудования и температурного ограничения 60 °С. Определены эквивалентные значения рН при взаимодействии растворов изоаскорбиновой кислоты с растворами гидроксида, карбоната и бикарбоната натрия (7,5; 7,0 и 5,6) и зависимость равновесных концентраций водных растворов изоаскорбиновой кислоты и изоаскорбата натрия от температуры. Показано, что оптимальным является прибавление раствора гидроксида натрия к раствору изоаскорбиновой кислоты при соотношении между массами раствора гидроксида натрия, кристаллической изоаскорбиновой кислоты и подготовленной воды 1:2,11:6,13. Полученный при таких соотношениях раствор будет иметь коэффициент пересыщения 1,05 при температуре 60 °С. Определено время, которое необходимо для установления равновесия в кристаллизующейся системе, и зависимость растворимости изоаскорбата натрия от массовой доли этилового спирта в растворе. Предложено выделять целевой продукт из раствора путём изогидрической и, далее, изотермической кристаллизации с последующей промывкой кристаллов этиловым спиртом. По предлагаемой технологии получен изоаскорбат натрия с массовой долей основного вещества не менее 99,0 %. Полученные данные могут быть использованы при разработке промышленной технологии получения изоаскорбата натрия.

Ключевые слова. Технология, растворимость, кристаллизация, деградация, изоаскорбат (эриторбат) натрия, пищевая добавка, антиоксидант

Для цитирования: Кукин, М. Ю. Изучение закономерностей получения импортозамещающей пищевой добавки Е316 – изоаскорбата натрия / М. Ю. Кукин // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 4. – С. 39–47. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-4-39-47>.

Original article

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

Import-Substituting Food Additive E316 (Sodium Isoascorbate): Production Patterns

М.Yu. Kukin 

All-Russian Research Institute for Food Additives,
55, Liteiny Ave., St. Petersburg, 191014, Russia

Received: December 06, 2018
Accepted: December 28, 2018

e-mail: mk-1980_2@mail.ru



© М.Yu. Kukin, 2018

Abstract. Sodium isoascorbate is one of the most popular antioxidants in food industry. Russia imports it from abroad. Thus, import substitution requires a thorough research into the patterns of isoascorbate technology production and development. The mass fraction of the main substance in the solution and crystals of the target product was determined by iodometric titration. It was established that the rate of oxidative degradation of sodium isoascorbate solutions is from 0.01%/h at 25°C to 0.80%/h at 82°C, depending on the temperature and duration of the process, as well as contact with metal and oxygen of the air. The experiment substantiated the choice of metal equipment and the temperature limit of 60°C. The equivalent pH values during the interaction of isoascorbic acid solutions with sodium hydroxide, carbonate, and sodium bicarbonate solutions were 7.5, 7.0, and 5.6, respectively. The author also defined the influence of equilibrium concentrations of aqueous solutions of isoascorbic acid and sodium isoascorbate

on temperature. The optimal method was to add a solution of sodium hydroxide into a solution of isoascorbic acid with a ratio between the masses of sodium hydroxide solution, crystalline isoascorbic acid, and prepared water, respectively, 1:2.11:6.13. The solution obtained at such ratios had a supersaturation coefficient of 1.05 at a temperature of 60°C. The experiment revealed the time required to establish equilibrium in the crystallizing system and the dependence of the solubility of sodium isoascorbate on the mass fraction of ethyl alcohol in solution. It was proposed to separate the target product from the solution by isohydric crystallization followed by isothermal crystallization, followed by washing the crystals with ethyl alcohol. According to the proposed technology, sodium isoascorbate was obtained with a mass fraction of the basic substance of at least 99.0%. The obtained data can be used in the development of industrial technology for the production of sodium isoascorbate.

Keywords: Technology, solubility, crystallization, degradation, sodium isoascorbate (erythorbate), food additive, antioxidant

For citation: Kukin M.Yu. Import-Substituting Food Additive E316 (Sodium Isoascorbate): Production Patterns. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2018, vol. 48, no. 4, pp. 39–47. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-4-39-47>.

Введение

Антиоксиданты имеют большое значение для пищевой промышленности и в последнее время интерес к их использованию только увеличивается [1, 2]. Они замедляют образование токсичных продуктов окисления, поддерживают качество и продлевают срок годности пищевых продуктов. Было признано, что положительное влияние на здоровье человека многих продуктов питания и напитков, включая фрукты и овощи, во многом определяется их антиоксидантной активностью [3, 4]. Растительные продукты вводят значительно больше антиоксидантов в рацион человека, чем продукты животного происхождения [5]. Поскольку не все виды сырья содержат в себе необходимое количество антиоксидантов, то целесообразно использовать специальные добавки [6]. Одним из наиболее широко востребованных пищевой промышленностью антиоксидантов является isoаскорбат (эриторбат) натрия (пищевая добавка E316) [6–8]. В России, согласно ТРТС 029/2012, он разрешён для использования в пищевых продуктах [9].

Чаще всего isoаскорбат натрия применяют в продуктах переработки мяса с целью обеспечения равномерности посола, уменьшения дозировки нитрита натрия и его остаточного содержания в готовых изделиях [10, 11]. Добавление isoаскорбиновой кислоты или её солей в значительной степени защищает мясо от окисления и предотвращает нежелательное изменение окраски. В отличие от isoаскорбиновой кислоты isoаскорбат натрия взаимодействует с нитритом натрия медленнее. Это является большим преимуществом и позволяет использовать его в составе посолочных смесей [10–12]. В плодоовощной продукции isoаскорбат натрия устойчивее к действию аскорбат-оксидазы, чем аскорбат натрия [13].

Несмотря на широкое применение, в России isoаскорбат натрия не производят, а ввозят из-за рубежа. Вследствие этого изучение закономерностей получения и разработка технологии isoаскорбата натрия с целью импортозамещения является актуальной задачей. В рамках решения данной задачи во ВНИИПД проводится разработка отечественной технологии получения isoаскорбата натрия. Основной акцент

делается на этап выделения целевого продукта из раствора.

Научная новизна настоящей работы заключается в том, что впервые публикуются данные о влиянии внешних факторов на скорость деградации isoаскорбата натрия и различные способы его кристаллизации. Также представлены недостаточно широко данные, освещённые в литературе, о взаимодействии isoаскорбиновой кислоты с соединениями натрия и растворимости isoаскорбата натрия и isoаскорбиновой кислоты в воде и этиловом спирте [14, 15]. Практическая значимость настоящего исследования заключается в том, что изученные закономерности и полученные экспериментальные данные могут быть использованы в технологических расчётах при разработке промышленной технологии получения isoаскорбата натрия с целью импортозамещения.

В результате изучения литературных источников установлено, что isoаскорбиновая кислота и её соли могут быть получены одностадийным сбраживанием глюкозы микроорганизмами [16, 17]. Известны способы получения isoаскорбата натрия чисто химическим путём или с сочетанием химических и ферментативных стадий за счёт окисления D-глюкозы до 2-кето-D-глюконовой или 2,5-дикето-D-глюконовой кислоты, их солей или эфиров с последующей енолизацией, лактонизацией и восстановлением до солей isoаскорбиновой кислоты [18–20].

При разработке технологии в качестве прототипа нами были взяты способы, основанные на взаимодействии при низких положительных температурах гидроксидов, карбонатов или бикарбонатов щелочных и щелочземельных металлов с isoаскорбиновой кислотой, упаривание полученного раствора под вакуумом и осаждение целевого продукта из раствора метанолом. Выход готового продукта составляет более 80 %, а массовая доля основного вещества – более 98 % [18, 21, 22]. Относящиеся к этой группе способы являются относительно простыми и могут быть реализованы на малом и среднем предприятии. Однако опубликованные технологии нуждаются в существенной доработке, особенно на этапе выделения isoаскорбата натрия из раствора.

Целью данной работы является изучение взаимодействия различных соединений натрия

с изоаскорбиновой кислотой, а также выбор и обоснование технологических режимов синтеза и выделения целевого продукта из раствора.

В соответствии с поставленной целью решались следующие задачи:

- установить влияние внешних факторов на скорость деградации изоаскорбата натрия в результате окисления;
- определить эквивалентные значения рН при взаимодействии гидроксида, карбоната или бикарбоната натрия с изоаскорбиновой кислотой;
- исследовать зависимость растворимости изоаскорбата натрия и изоаскорбиновой кислоты в воде и этиловом спирте от температуры;
- определить время, необходимое для установления равновесия в кристаллизующейся системе при различных температурах;
- обосновать выбор материала для реактора, выбор конкретного соединения натрия, температурные режимы и концентрации реагентов, режимы кристаллизации, промывки и сушки кристаллов изоаскорбата натрия.

Объекты и методы исследования

Объектами исследования являлись гидроксид, карбонат и бикарбонат натрия (ч.д.а., х.ч.), импортная D(-)-изоаскорбиновая кислота и D(-)-изоаскорбат натрия (содержание основного вещества не менее 99 %), а также полученный в лабораторных условиях изоаскорбат натрия. Гидроксид натрия использовали в виде концентрированного раствора, отстаивавшегося более двух месяцев с целью удаления карбонатов. Карбонат и бикарбонат натрия использовали в сухом виде. Предварительно определяли массовую долю основного вещества в соответствии с ГОСТ (ГОСТ 11078-78 «Натр едкий очищенный. Технические условия», ГОСТ 4328-77 «Реактивы. Натрия гидроокись. Технические условия», ГОСТ 83-79 «Реактивы. Натрий углекислый. Технические условия», ГОСТ 4201-79 «Реактивы. Натрий углекислый кислый. Технические условия») на конкретное соединение натрия. Массовую долю основного вещества в изоаскорбиновой кислоте, её натриевой соли и их растворах определяли йодометрическим титрованием (метод основан на восстановлении и обесцвечивании йода раствором изоаскорбата натрия в присутствии крахмала в качестве индикатора) [23]. рН измеряли комбинированным электродом «ЭСК-10601/7» на портативном рН-метре марки «рН-410» с подключённым термокомпенсатором.

О температурной устойчивости изоаскорбата натрия судили по изменению массовой доли основного вещества в исследуемых растворах. Для этого растворы с массовой долей изоаскорбата натрия (приблизительно 10 %) выдерживали в металлической или стеклянной ёмкости без углекислого газа или под слоем углекислого газа при температуре 23–82 °С в течение от 5 до 120 ч (углекислый газ получали путём взаимодействия

лимонной кислоты с карбонатом натрия). Толщина слоя жидкости подбиралась так, чтобы быть приблизительно равной диаметру ёмкости. Для уменьшения испарения влаги ёмкости накрывали часовым стеклом. В начале и в конце эксперимента ёмкости взвешивали и компенсировали испарившуюся влагу путём прибавления к раствору соответствующего количества дистиллированной воды.

Для определения эквивалентного значения рН к раствору изоаскорбиновой кислоты (12 г кислоты и 60 г дистиллированной воды) при температуре 23 °С по каплям прибавляли гидроксид, карбонат или бикарбонат натрия в виде раствора, измеряли какое значение рН соответствует определённому объёму раствора, строили графики и находили на них точку перегиба.

Растворимость определяли в условиях, препятствующих окислению изоаскорбат-аниона. Вещество для каждого опыта брали с таким расчётом, чтобы при заданной температуре оно не могло полностью раствориться. После отстаивания суспензии отбирали пробы надосадочной жидкости и титрованием определяли в них массовую долю изоаскорбата. Холостой опыт не выявил влияния этилового спирта на результаты титрования. Измерения проводили до совпадения результатов двух последовательных анализов, что свидетельствовало об установлении равновесия.

Скорость установления равновесия в кристаллизующейся системе зависит от множества факторов (суммарная площадь поверхности кристаллов, температура, перемешивание и др.). Эксперимент проводили в условиях, моделирующих реальную кристаллизацию изоаскорбата натрия из раствора, полученного при подобранных нами ранее оптимальных режимах (в конце процесса температура 60 °С и коэффициент пересыщения 1,05). В раствор вносили затравку в виде мелких кристаллов изоаскорбата натрия и выдерживали при перемешивании, возврате конденсата в реактор и температуре 60 °С в течение 60 мин. Затем в течение приблизительно 7 мин температуру снижали на 10 °С и выдерживали при перемешивании и поддержании температуры 50 °С в течение нескольких часов. Через определённые интервалы времени отбирали пробы надосадочной жидкости, быстро фильтровали их, взвешивали и йодометрическим титрованием определяли массовую долю изоаскорбата натрия в растворе. Для получения результатов по установлению равновесия при температуре 40 °С брали пересыщенный при 60 °С раствор, вносили в него затравку и в течение 60 мин с целью формирования относительно крупных кристаллов постепенно снижали температуру до 50 °С. Затем в течение приблизительно 7 мин температуру снижали на 10 °С и повторяли операции аналогичные тем, что были для установления равновесия при температуре 50 °С. Для равновесия при температурах 30 °С и 20 °С брали уже готовые кристаллы изоаскорбата

натрия, растворяли их в дистиллированной воде при температуре на 10 °С выше требуемой и выдерживали при перемешивании в течение 60 мин. Затем в течение приблизительно 7 мин температуру снижали на 10 °С и повторяли описанные выше операции.

Результаты и их обсуждение

Изоаскорбат натрия является восстановителем. В сухом виде он относительно устойчив, но в виде раствора он легко может окисляться при контакте с металлами и с кислородом воздуха. Экспериментально установлено, что скорость деградации растворов изоаскорбата натрия увеличивается по мере накопления продуктов распада. Поэтому результаты экспериментов представлены в виде средней скорости деградации за определённый интервал времени. В стеклянном реакторе без углекислого газа скорость деградации увеличивалась от $0,07 \pm 0,02$ %/ч при температуре 25 °С в течение 24 ч до $0,37 \pm 0,05$ %/ч при температуре 82 °С в течение 5 ч. С углекислым газом от $0,01 \pm 0,01$ %/ч до $0,18 \pm 0,03$ %/ч. В металлическом реакторе без углекислого газа при температурах 23 °С, 38 °С, 60 °С и 82 °С в течение 5 ч соответственно $0,06 \pm 0,02$ %/ч, $0,20 \pm 0,04$ %/ч, $0,31 \pm 0,05$ %/ч и $0,90 \pm 0,20$ %/ч. С углекислым газом соответственно $0,03 \pm 0,02$ %/ч, $0,09 \pm 0,02$ %/ч, $0,22 \pm 0,04$ %/ч и $0,80 \pm 0,20$ %/ч.

Из представленных данных следует, что в стеклянном реакторе углекислый газ защищает изоаскорбат натрия от окисления эффективнее, чем в металлическом реакторе. С ростом температуры, наряду с увеличением скорости деградации, также происходит снижение эффективности защитного действия углекислого газа.

Взаимодействие изоаскорбиновой кислоты с соединениями натрия протекает достаточно

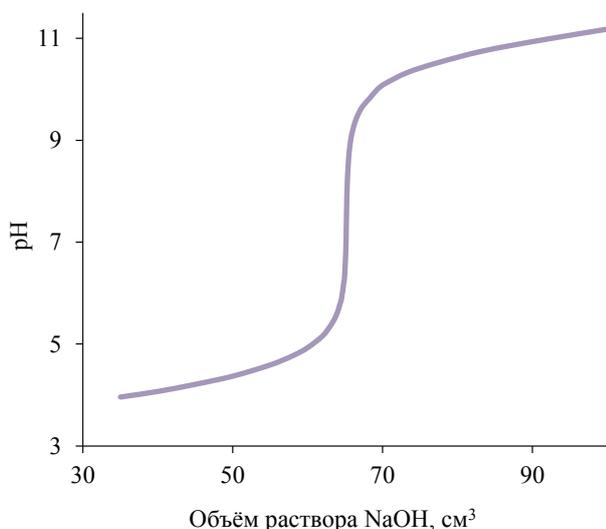


Рисунок 1 – Кривая нейтрализации раствора изоаскорбиновой кислоты раствором гидроксида натрия
Figure 1 – Curve of neutralization of isoascorbic acid solution with sodium hydroxide solution

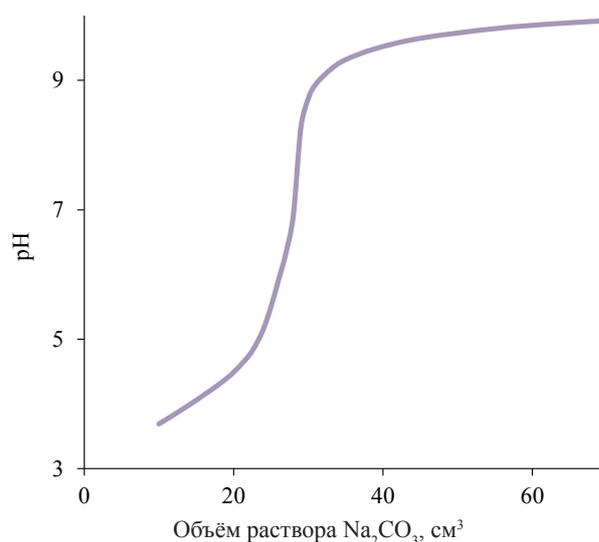


Рисунок 2 – Кривая нейтрализации раствора изоаскорбиновой кислоты раствором карбоната натрия
Figure 2 – Curve of neutralization of isoascorbic acid solution with sodium carbonate solution

быстро. Но с учётом последующей кристаллизации суммарная продолжительность процесса в рамках разрабатываемой технологии может составлять до 18 ч. В ходе технологического процесса максимально возможные температуры потребуются в течение относительно непродолжительного времени. С учётом представленных выше данных для стеклянного реактора была выбрана максимальная безопасная температура 85 °С, а для металлического – 60 °С (при условии использования углекислого газа). В металлическом реакторе при 60 °С интенсивность окраски раствора изоаскорбата натрия была выше, чем в стеклянном реакторе при 85 °С, но это не отразилось на показателях качества готового продукта.

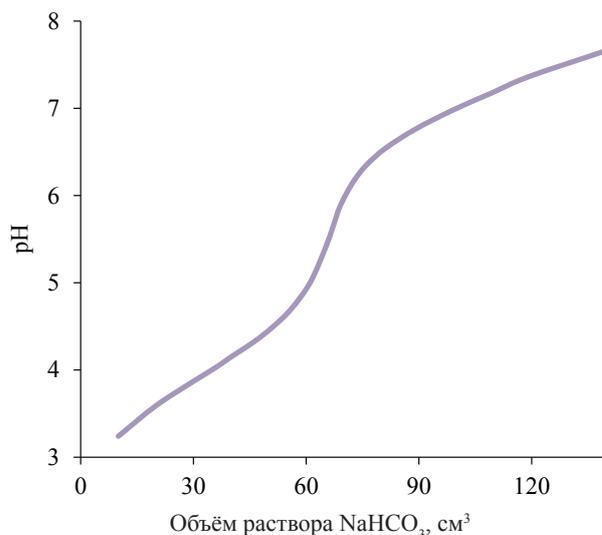


Рисунок 3 – Кривая нейтрализации раствора изоаскорбиновой кислоты раствором бикарбоната натрия
Figure 3 – Curve of neutralization of isoascorbic acid solution with sodium bicarbonate solution

Массовая доля основного вещества в сырье из различных партий может отличаться, поэтому процесс взаимодействия изоаскорбиновой кислоты с соединениями натрия удобнее всего контролировать не по массе (не по объёму растворов), а по рН. По технологическим соображениям следует вносить компоненты в строго стехиометрическом соотношении до достижения эквивалентного значения рН. На рис. 1–3 представлены графики изменения рН при взаимодействии растворов изоаскорбиновой кислоты с растворами гидроксида, карбоната и бикарбоната натрия.

Из представленных на рис. 1–3 графиков следует, что при взаимодействии растворов изоаскорбиновой кислоты с растворами гидроксида, карбоната и бикарбоната натрия эквивалентные значения рН (точки перегиба на графиках) составляют 7,5; 7,0 и 5,6. Полученные для изоаскорбата натрия результаты совпадают с аналогичными данными для аскорбата натрия. В реальных условиях технологический процесс будет проводиться при более высоких температурах и концентрациях. При этом эквивалентные значения рН будут несколько отличаться от представленных выше значений.

В большинстве литературных источников описывают получение солей аскорбиновой и изоаскорбиновой кислот путём взаимодействия не с гидроксидами и оксидами, а с карбонатами и бикарбонатами щелочных и щелочземельных металлов. Это продиктовано тем, что при высоких значениях рН скорость деградации аскорбатов, в меньшей степени изоаскорбатов, заметно увеличивается. Экспериментально установлено, что для изоаскорбиновой кислоты (при стехиометрическом соотношении реагентов) скорость деградации при взаимодействии с гидроксидом натрия сопоставима со скоростью деградации при взаимодействии с карбонатом натрия и выше, чем с бикарбонатом натрия. Однако на практике эта разница оказалась несущественной и в пределах погрешности не отражалась на показателях качества и выходе целевого продукта. При взаимодействии с гидроксидом натрия не выделяется углекислый газ, что позволяет увеличить коэффициент заполнения реактора. Массовая доля натрия в гидроксиде выше, чем в карбонате и бикарбонате. В совокупности это делает гидроксид натрия более предпочтительным по сравнению с карбонатом и бикарбонатом.

Экспериментально установлено, что при рН более 8,0 скорость деградации изоаскорбат-аниона заметно увеличивается. Следует к раствору изоаскорбиновой кислоты прибавлять соединения натрия, а не наоборот. Информация о растворимости компонентов, последовательности и форме их введения необходима для полноценной оптимизации технологического процесса. Растворимость в воде гидроксида, карбоната и бикарбоната натрия общеизвестна, но для изоаскорбиновой кислоты и её натриевой соли

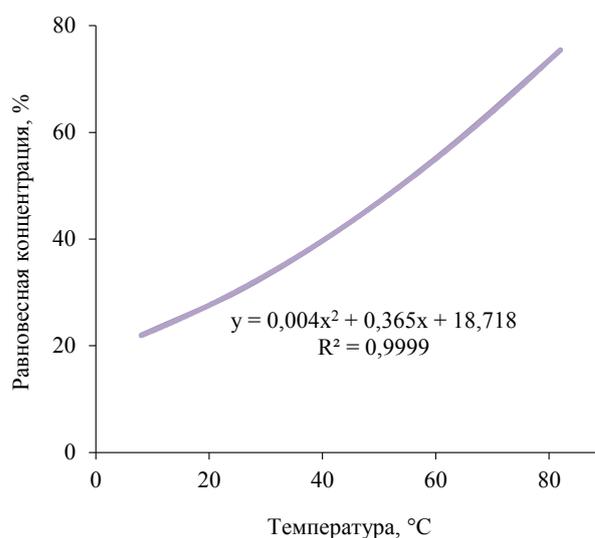


Рисунок 4 – Зависимость равновесной концентрации водного раствора изоаскорбиновой кислоты от температуры

Figure 4 – Dependence of the equilibrium concentration of the aqueous solution of isoascorbic acid on temperature

обнаружить в справочной литературе точные данные по растворимости не удалось, поэтому были проведены лабораторные исследования. На рис. 4 представлена зависимость равновесной концентрации водного раствора изоаскорбиновой кислоты от температуры.

Из представленного на рис. 4 графика следует, что растворимость изоаскорбиновой кислоты в воде может изменяться в широких пределах. Эти данные сопоставимы с результатами экспериментов К. R. Rao [14], но получены с более высокой точностью (другим методом) и могут быть использованы в точных технологических расчётах.

Экспериментально установлено, что растворимость изоаскорбата натрия в воде также сильно зависит от температуры и составляет от 10,6 % при 8 °C до 36,2 % при 82 °C. Это соответствует приблизительно половине от растворимости для изоаскорбиновой кислоты в аналогичных условиях. Несмотря на близкое химическое строение, растворимость аскорбата натрия в воде слабо зависит от температуры [15].

В сравнении со стеклянными реакторами, металлические реакторы дешевле, доступнее и имеют более широкий ассортимент, поэтому предпочтительнее использовать именно их. При проведении изогидрической кристаллизации в стеклянном реакторе расчётный выход целевого продукта (с учётом зависимости растворимости от температуры и установленного выше температурного ограничения 85 °C) составляет 80 %. При таком выходе целесообразно проводить изогидрическую кристаллизацию, затем упаривать раствор до состояния насыщения при температуре 85 °C и проводить повторную изогидрическую кристаллизацию, что позволит получить суммарный выход до 96 %. В случае с металлическим реактором

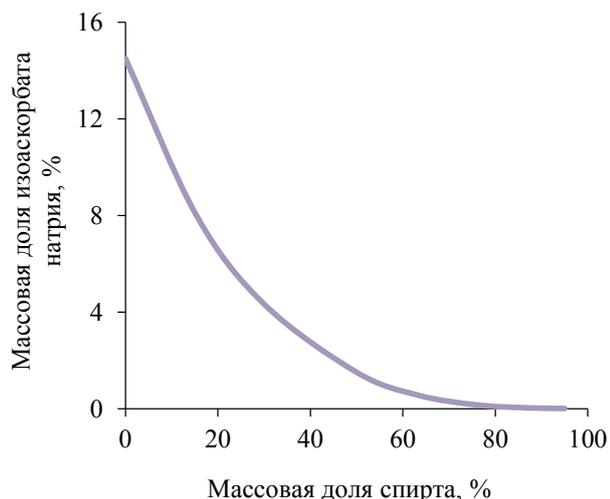


Рисунок 5 – Зависимость равновесной концентрации изоаскорбата натрия от массовой доли этилового спирта в растворе при температуре 25 °C

Figure 5 – Dependence of the equilibrium concentration of sodium isoascorbate on the mass fraction of ethyl alcohol in solution at 25°C

и температурным ограничением 60 °C получить такой суммарный выход двумя изогидрическими кристаллизациями невозможно. Увеличение количества кристаллизаций и, как следствие, увеличение продолжительности процесса приведёт к значительной деградации изоаскорбата натрия, снижению выхода и потемнению кристаллов готового продукта. В таком случае желаемый результат может быть достигнут путём применения изотермической кристаллизации (создание пересыщения путём удаления растворителя из раствора) или осаждением целевого продукта из раствора органическим растворителем, например, этиловым спиртом. При этом выход готового продукта более 90 % будет получен всего за одну кристаллизацию. На рис. 5 представлена зависимость растворимости изоаскорбата натрия от массовой доли этилового спирта в растворе. Эти данные позволяют рассчитать количество этилового спирта, которое необходимо прибавить к раствору изоаскорбата натрия, чтобы получить желаемый выход целевого продукта.

Экспериментальные данные подтверждают возможность получения изоаскорбата натрия с высоким выходом и массовой долей основного вещества более 99 % не только в стеклянном, но и в металлическом реакторе. Изначально целью являлась разработка промышленной технологии, поэтому для дальнейшей оптимизации было выбрано более доступное металлическое оборудование и температурное ограничение 60 °C. При этом наиболее рациональным вариантом является получение незначительно пересыщенного при температуре 60 °C раствора изоаскорбата натрия, изогидрическая кристаллизация из этого раствора, отделение кристаллов и повторная изотермическая кристаллизация из фильтрата при

температуре 35 ± 5 °C, либо упаривание фильтрата под вакуумом и осаждение изоаскорбата натрия спиртом.

Зная, что растворимость сырья и целевого продукта в воде зависит от температуры и, исходя из необходимости получить пересыщенный при температуре 60 °C раствор, было установлено, что бикарбонат натрия не может использоваться в виде раствора. Допустимо прибавление раствора карбоната натрия к суспензии изоаскорбиновой кислоты. Наилучшим вариантом является прибавление раствора гидроксида натрия к раствору изоаскорбиновой кислоты (при температуре выше 25 °C). Соотношение между массами раствора гидроксида натрия, кристаллической изоаскорбиновой кислоты и подготовленной воды составляет 1:2,11:6,13.

Для расчёта количества энергии, необходимой для достижения требуемой температуры, экспериментально были определены тепловые эффекты, возникающие при растворении 1 кг изоаскорбиновой кислоты в воде (–119 кДж) и взаимодействии этого количества с гидроксидом и карбонатом натрия, соответственно 285 и –23 кДж. На практике для представленного выше соотношения и с учётом теплоёмкости оборудования это приведёт к уменьшению температуры на 7 ± 2 °C на этапе растворения изоаскорбиновой кислоты и увеличению температуры на 16 ± 2 °C при прибавлении раствора гидроксида натрия.

При кристаллизации следует стремиться к сокращению продолжительности процесса, получению относительно крупных кристаллов и минимизации захвата ими примесей из маточного раствора. Для достижения этой цели необходимо подобрать оптимальную скорость кристаллизации. Решающими факторами являются коэффициент пересыщения и скорость установления равновесия в кристаллизующейся системе. На рис. 6 представлены графики изменения массовой доли изоаскорбата натрия в фильтрате при различных температурах.

Из представленных на рис. 6 графиков следует, что при выбранных оптимальных условиях для установления равновесия в интервале температур 20–60 °C достаточно от 25 до 30 мин. Если (с учётом зависимости растворимости изоаскорбата натрия в воде от температуры) пересчитать эти данные в коэффициенты пересыщения и построить графики, то произойдёт почти полное их наложение друг на друга, свидетельствующее о том, что при выбранных режимах увеличение массовой доли твёрдой фазы компенсирует снижение абсолютной скорости роста кристаллов при охлаждении и, следовательно, о том, что оптимальный режим кристаллизации имеет почти линейный характер (линейная зависимость размера кристаллов от коэффициента пересыщения и скорости охлаждения кристаллизатора). Для достижения коэффициента пересыщения 1,05 будет достаточно 10 мин.

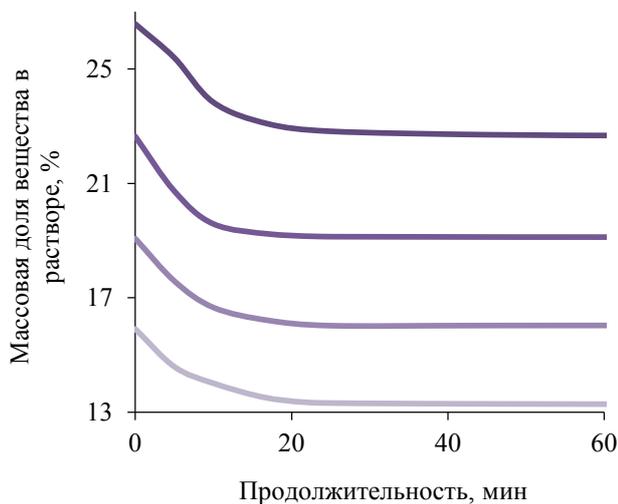


Рисунок 6 – Зависимость массовой доли изоаскорбата натрия в фильтрате от продолжительности кристаллизации при температурах, сверху вниз: 50 °С, 40 °С, 30 °С и 20 °С

Figure 6 – Dependence of the mass fraction of sodium isoascorbate in the filtrate on the crystallization time at temperatures from top to bottom: 50°C, 40°C, 30°C, and 20°C

Полученный на данном этапе, практический выход изоаскорбата натрия отличался от расчётного выхода на $\pm 2\%$, что объясняется технологическими потерями и дополнительным осаждением целевого продукта при промывке кристаллов спиртом. После первой изогидрической кристаллизации и отделения кристаллов фильтрат подвергают повторной изотермической кристаллизации. Суммарный выход от двух кристаллизаций составляет более 90%.

При кристаллизации, осуществляемой любым из описанных выше способов, кристаллы изоаскорбата натрия после отделения от фильтрата необходимо промыть. Целевой продукт быстро растворяется даже в холодной воде, поэтому для промывки следует использовать органический растворитель. С учётом представленных на рис. 5 данных, для промывки сначала целесообразно использовать раствор с массовой долей этилового спирта менее 96%, а затем постепенно увеличивать его концентрацию. Промытые спиртом кристаллы относительно устойчивы. Экспериментально установлено, что в кристаллах, высушенных при атмосферном давлении, массовая доля основного вещества и цветность в пределах погрешности не отличались от таковых для высушенных под вакуумом кристаллов.

Кратко предлагаемую технологию можно представить следующим образом: прибавление раствора гидроксида натрия к раствору изоаскорбиновой кислоты, изогидрическая кристаллизация, отделение фильтрата, изотермическая кристаллизация фильтрата, отделение, промывка и сушка кристаллов. Независимо от способа кристаллизации, полученный по предлагаемой технологии, изоаскорбат натрия имел бесцветные, либо от белого до светло-кремового цвета кристаллы с массовой долей основного вещества не менее 99,0% и соответствовал нормативным требованиям, предъявляемым к пищевой добавке E316 [9, 23].

Результаты экспериментов воспроизводились до сходимости с доверительной вероятностью 0,95 и согласуются с результатами, полученными другими методами.

Выводы

В работе установлены основные закономерности влияния технологических параметров: материала реактора, вида и концентрации реагентов, pH среды, температурных режимов и продолжительности процессов синтеза и выделения на размер и цветность кристаллов, массовую долю основного вещества и выход пищевой добавки E316 – изоаскорбата натрия. Показано, что изоаскорбат натрия целесообразно получать взаимодействием изоаскорбиновой кислоты с гидроксидом натрия в металлическом реакторе при температуре не выше 60 °С под слоем углекислого газа с последующим выделением целевого продукта (с массовой долей основного вещества не менее 99,0%) из раствора путём изогидрической и, далее, изотермической кристаллизацией. Эти данные могут быть использованы при разработке промышленной технологии получения изоаскорбата натрия.

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Благодарности

Выражаю благодарность Кабанову В. Л. за помощь с корректировкой статьи.

Финансирование

Материалы подготовлены в рамках НИР по теме 166.12 во ВНИИПД – Филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В. М. Горбатова» РАН.

Список литературы

1. Dai, J. Plant phenolics: extraction, analysis and their antioxidant and anticancer properties / J. Dai, R. J. Mumper // *Molecules*. – 2010. – Vol. 15, № 10. – P. 7313–7352. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules15107313>.
2. Gülçin, I. Antioxidant activity of food constituents: an overview / I. Gülçin // *Archives of Toxicology*. – 2012. – Vol. 86, № 3. – P. 345–391. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00204-011-0774-2>.
3. Krishnaiah, D. A review of the antioxidant potential of medicinal plant species / D. Krishnaiah, R. Sarbatly, R. Nithyanandam // *Food and bioproducts processing*. – 2011. – Vol. 89, № 3. – P. 217–233. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2010.04.008>.

4. Shahidi, F. Phenolics and polyphenolics in foods, beverages and spices: Antioxidant activity and health effects – A review / F. Shahidi, P. Ambigaipalan // *Journal of Functional Foods*. – 2015. – Vol. 18. – P. 820–897. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2015.06.018>.
5. The total antioxidant content of more than 3100 foods, beverages, spices, herbs and supplements used worldwide / M. H. Carlsen, B. L. Halvorsen, K. Holte [et al.] // *Nutrition journal*. – 2010. – Vol. 9, № 1. DOI: <https://doi.org/10.1186/1475-2891-9-3>.
6. Семенова, А. А. О технологической практике применения пищевых добавок в мясной промышленности / А. А. Семенова // *Все о мясе*. – 2009. – № 1. – С. 17–23.
7. Михайлов, М. М. Антиоксидант Е316 эриторбат натрия и его применение / М. М. Михайлов, И. В. Бобренёва // *Статья в сборнике трудов XIII научно-практической конференции с международным участием «Живые системы» / Московский государственный университет пищевых производств*. – М., 2015. – С. 141–142.
8. Scientific Opinion on the reevaluation of erythorbic acid (E315) and sodium erythorbate (E316) as food additives // *EFSA Journal*. – 2016. – Vol. 14, № 1. DOI: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2016.4360>.
9. Технический регламент таможенного союза ТР ТС 029/2012 «Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств», 2012.
10. Effect of meat ingredients (sodium nitrite and erythorbate) and processing (vacuum storage and packaging atmosphere) on germination and outgrowth of *Clostridium perfringens* spores in ham during abusive cooling / M. Redondo-Solano, C. Valenzuela-Martinez, D. A. Cassada [et al.] // *Food microbiology*. – 2013. – Vol. 35, № 2. – P. 108–115. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fm.2013.02.008>.
11. Effects of Nitrite and Erythorbate on *Clostridium perfringens* Growth during Extended Cooling of Cured Ham / K. J. Osterbauer, A. M. King, D. L. Seman [et al.] // *Journal of food protection*. – 2017. – Vol. 80, № 10. – P. 1697–1704. DOI: <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-17-096>.
12. Figueiredo, B. Effect of addition of Sodium Erythorbate and Urucum on the Lipid Oxidation in Pork Meat / B. Figueiredo, N. Bragagnolo // *7 th International Congress on Pigments in Food*. Novara, Italy, 2013. – P. 58.
13. Optimal Conditions for Lipase-catalyzed Condensation of Erythorbic Acid with Fatty Acids in Organic Solvents / Y. Watanabe, T. Fukuda, N. Takahashi [et al.] // *Japan Journal of Food Engineering*. – 2014. – Vol. 15, № 3. – P. 143–148. DOI: <https://doi.org/10.11301/jsfe.15.143>.
14. The nonlinear optical properties of the monoclinic d-isoascorbic acid crystal / K. R. Rao, R. Sanathkumar, H. L. Bhat [et al.] // *Applied Physics B: Lasers and Optics*. – 2016. – Vol. 122, № 11. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00340-016-6539-0>.
15. Кукин, М. Ю. Изучение растворимости аскорбата натрия / М. Ю. Кукин, Л. В. Новинюк // *Хранение и переработка сельхозсырья*. – 2014. – № 6. – С. 26–27.
16. Breeding Erythorbic Acid Yield Strains by Protoplast Mutagenesis / M. Liu, F. Zhang, Q. Zhou [et al.] // *China Biotechnology*. – 2013. – Vol. 33, № 6. – P. 30–37.
17. Pappenberger, G. Industrial production of L-ascorbic acid (Vitamin C) and D-isoascorbic acid / G. Pappenberger, H. P. Hohmann // *Biotechnology of Food and Feed Additives* / H. Zorn, P. Czermak. – Berlin, Heidelberg : Springer, 2013. – P. 143–188. DOI: https://doi.org/10.1007/10_2013_243.
18. Patent US3064010A Canada. Production of Sodium Isoascorbate Monohydrate / Huffman C. W.; patent holder Mallinkrodt Group Inc; applied on 12.09.1960; published on 13.11.1962.
19. Patent EP1026257A1 ER. Manufacture of L-ascorbic acid and D-erythorbic acid / Asakura A., Hoshino T., Kiyasu T. [et al.]; patent holder F Hoffmann-La Roche AG; applied on 18.01.1999; published on 09.08.2000.
20. Wang, J. New Conversion Technology of Sodium Isoascorbate / J. Wang, F. Cui, B. Ren // *Journal of Zhengzhou University (Natural Science Edition)*. – 2010. – № 1. – P. 112–115.
21. Rao, K. R. Crystal growth and nonlinear optical properties of sodium D-isoascorbate monohydrate / K. R. Rao, H. L. Bhat, S. Elizabeth // *CrystEngComm*. – 2013. – Vol. 15, № 33. – P. 6594–6601. DOI: <https://doi.org/10.1039/C3CE40751A>.
22. Patent CN102372686A China. Method for preparing D-calcium erythorbate / Silian Yu., Qiang Z., Bin Yu. [et al.]; patent holder Univ. Jiangsu; applied on 02.12.2011; published on 14.03.2012.
23. Combined Compendium of Food Additive Specifications Vol. 4. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2006. – Vol. 4. – 296 p.

References

1. Dai J. and Mumper R.J. Plant phenolics: extraction, analysis and their antioxidant and anticancer properties. *Molecules*, 2010, vol. 15, no. 10, pp. 7313–7352. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules15107313>.
2. Gülçin I. Antioxidant activity of food constituents: an overview. *Archives of Toxicology*, 2012, vol. 86, no. 3, pp. 345–391. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00204-011-0774-2>.
3. Krishnaiah D., Sarbatly R., and Nithyanandam R. A review of the antioxidant potential of medicinal plant species. *Food and Bioprocess Processing*, 2011, vol. 89, no. 3, pp. 217–233. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2010.04.008>.
4. Shahidi F. and Ambigaipalan P. Phenolics and polyphenolics in foods, beverages and spices: Antioxidant activity and health effects – A review. *Journal of Functional Foods*, 2015, vol. 18, pp. 820–897. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2015.06.018>.
5. Carlsen M.H., Halvorsen B.L., Holte K., et al. The total antioxidant content of more than 3100 foods, beverages, spices, herbs and supplements used worldwide. *Nutrition journal*, 2010, vol. 9, no. 1. DOI: <https://doi.org/10.1186/1475-2891-9-3>.

6. Semenova A.A. On technological practice of usage of food additives in meat industry. *All about the meat*, 2009, no. 1, pp. 17–23. (In Russ.).
7. Mikhaylov M.M. and Bobrenyova I.V. Antioksidant E316 ehritorbat natriya i ego primeneniye [Antioxidant E316 erythorbate sodium and its application]. *Stat'ya v sbornike trudov XIII nauchno-prakticheskaya konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem "Zhivyye sistemy"* [Proceedings of the XIII scientific-practical conference with international participation "Living Systems"]. Moscow, 2015, pp. 141–142. (In Russ.).
8. Scientific Opinion on the reevaluation of erythorbic acid (E315) and sodium erythorbate (E316) as food additives. *EFSA Journal*, 2016, vol. 14, no. 1. DOI: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2016.4360>.
9. *Tekhnicheskiiy reglament tamozhennogo soyuza TR TS 029/2012 "Trebovaniya bezopasnosti pishchevykh dobavok, aromatizatorov i tekhnologicheskikh vspomogatel'nykh sredstv"* [Technical Regulations of the Customs Union TP CU 029/2012 "Safety requirements for food additives, flavors and technological aids"], 2012.
10. Redondo-Solano M., Valenzuela-Martinez C., Cassada D.A., et al. Effect of meat ingredients (sodium nitrite and erythorbate) and processing (vacuum storage and packaging atmosphere) on germination and outgrowth of *Clostridium perfringens* spores in ham during abusive cooling. *Food microbiology*, 2013, vol. 35, no. 2, pp. 108–115. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fm.2013.02.008>.
11. Osterbauer K.J., King A.M., Seman D.L., et al. Effects of Nitrite and Erythorbate on *Clostridium perfringens* Growth during Extended Cooling of Cured Ham. *Journal of food protection*, 2017, vol. 80, no. 10, pp. 1697–1704. DOI: <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-17-096>.
12. Figueiredo B. and Bragagnolo N. Effect of addition of Sodium Erythorbate and Urucum on the Lipid Oxidation in Pork Meat. *7 th International Congress on Pigments in Food*. Novara, Italy, 2013, pp. 58.
13. Watanabe Y., Fukuda T., Takahashi N., and Adachi S. Optimal Conditions for Lipase-catalyzed Condensation of Erythorbic Acid with Fatty Acids in Organic Solvents. *Japan Journal of Food Engineering*, 2014, vol. 15, no. 3, pp. 143–148. DOI: <https://doi.org/10.11301/jjsfe.15.143>.
14. Rao K.R., Sanathkumar R., Bhat H.L., and Elizabeth S. The nonlinear optical properties of the monoclinic d-isoascorbic acid crystal. *Applied Physics B: Lasers and Optics*, 2016, vol. 122, no. 11. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00340-016-6539-0>.
15. Kukin M.Yu. and Novinyuk L.V. Study of Sodium Ascorbate Solubility. *Storage and processing of farm products*, 2014, no. 6, pp. 26–27. (In Russ.).
16. Liu M., Zhang F., Zhou Q., Sun C., and Chen W. Breeding Erythorbic Acid Yield Strains by Protoplast Mutagenesis. *China Biotechnology*, 2013, vol. 33, no. 6, pp. 30–37.
17. Pappenberger G. and Hohmann H.P. Industrial production of L-ascorbic acid (Vitamin C) and D-isoascorbic acid. In: *Zorn H. and Czermak P. (eds) Biotechnology of Food and Feed Additives*. Berlin, Heidelberg, Springer Publ., 2013. 143–188 pp. DOI: https://doi.org/10.1007/10_2013_243.
18. Huffman C.W. *Production of Sodium Isoascorbate Monohydrate*. Patent US, no. US3064010A, 1966.
19. Asakura A., Hoshino T., Kiyasu T., and Shinjoh M. Manufacture of L-ascorbic acid and D-erythorbic acid. Patent ER, no. EP1026257A1, 1999.
20. Wang J., Cui F., and Ren B. New Conversion Technology of Sodium Isoascorbate. *Journal of Zhengzhou University (Natural Science Edition)*, 2010, no. 1, pp. 112–115.
21. Rao K.R., Bhat H.L., and Elizabeth S. Crystal growth and nonlinear optical properties of sodium D-isoascorbate monohydrate. *CrystEngComm*, 2013, vol. 15, no. 33, pp. 6594–6601. DOI: <https://doi.org/10.1039/C3CE40751A>.
22. Silian Yu., Qiang Z., Bin Yu., et al. *Method for preparing D-calcium erythorbate*. Patent CN, no. CN102372686A, 2012.
23. *Combined Compendium of Food Additive Specifications. Vol. 4*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations Publ., 2006. 296 p.

Кукин Михаил Юрьевич

канд. техн. наук, научный сотрудник лаборатории техники и технологии переработки продуктов биосинтеза, Всероссийский научно-исследовательский институт пищевых добавок, 191014, Россия, г. Санкт-Петербург, Литейный проспект, 55, тел.: + 7 (812) 273-75-24, e-mail: vniipakk55@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0003-1722-4644>

Mikhail Yu. Kukin

Cand.Sci.(Eng.), Researcher of the Laboratory of Biosynthesis Products Processing Technics and Technology, All-Russian Research Institute for Food Additives, 55, Liteiny Ave., St. Petersburg, 191014, Russia, phone: + 7 (812) 273-75-24, e-mail: vniipakk55@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0003-1722-4644>

<https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-4-48-58>
УДК 637.1:621.798.1

Обзорная статья
<http://fptt.ru/>

Современные упаковочные решения для концентрата сывороточных белков

И. А. Мазеева*^{ORCID}, И. А. Короткий^{ORCID}, И. Б. Плотников^{ORCID}

Дата поступления в редакцию: 19.10.2018
Дата принятия в печать: 28.12.2018

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

*e-mail: mазееваia@yandex.ru



© И. А. Мазеева, И. А. Короткий, И. Б. Плотников, 2018

Аннотация. Актуальной задачей молочной промышленности является грамотный выбор и применение тароупаковочных материалов. Важным аспектом считается исходное сырье, технология производства и применяемая обработка продукта, его органолептические характеристики, вес, фасуемого продукта, условия, режимы и продолжительность транспортирования, хранения и реализации. Высокая степень прочности, устойчивость к изнашиванию, достаточная жесткость, способность к сварке, необходимой для образования прочных и герметичных швов, наличие эстетического оформления, способного привлекать потребителя, присутствие маркировки, отвечающей качественным нормативам – далеко не весь перечень требований, предъявляемых к упаковочным материалам для молочной продукции. Рассматривается: предназначение упаковки и тары, требования, предъявляемые к ним, виды упаковки и тары, инновационные технологии, используемые для упаковывания концентрата сывороточных белков и продуктов, полученных на его основе, режимы и условия транспортирования и хранения. Сегодня российскими таропроизводителями разработано и освоено промышленное производство широкого ассортимента упаковочных материалов, укупочных средств, транспортной и потребительской тары из сырьевых компонентов отечественного производства, инновационных упаковочных технологий для молочной продукции с учетом сенсорных и структурно-механических характеристик фасуемых продуктов, сроков их реализации и хранения. Главной перспективой является разработка и производство тароупаковочных материалов с усовершенствованным предсказуемым комплексом показателей безопасности, а также высоким уровнем барьерности – многослойным и комбинированным материалам, в том числе полимерным, технология получения которых предполагает применение инновационных технологических решений.

Ключевые слова. Концентрат сывороточного белка, упаковка, тара, транспортирование, хранение

Для цитирования: Мазеева, И. А. Современные упаковочные решения для концентрата сывороточных белков / И. А. Мазеева, И. А. Короткий, И. Б. Плотников // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 4. – С. 48–58. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-4-48-58>.

Review article

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

Modern Packaging Solutions for Whey Protein Concentrate

I.A. Maseeva*^{ORCID}, I.A. Korotkiy^{ORCID}, I.B. Plotnikov^{ORCID}

Received: October 19, 2018
Accepted: December 28, 2018

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

*e-mail: mазееваia@yandex.ru



© I.A. Maseeva, I.A. Korotkiy, I.B. Plotnikov, 2018

Abstract. The competent choice and use of packaging materials is one of the most urgent tasks of the dairy industry, i.e. the feedstock; production technology and applied processing; organoleptic characteristics of the product; its weight; conditions, modes, and duration of transportation, storage, and sale. There is a long list of requirements for packaging materials in dairy industry. It includes high strength, resistance to wear, sufficient rigidity, an ability to weld; formation of strong and sealed seams; an aesthetic design that can attract the consumer; standard labeling, etc. The present article features the objectives and requirements of packaging; types of packaging; innovative technologies used for packaging whey protein concentrate and its products; modes and conditions of transportation and storage. Today, Russian packaging manufacturers have developed and mastered a wide range of packaging materials, closures, transport and consumer packaging of domestic raw materials; innovative packaging technologies for dairy products that take into account the sensory, structural, and mechanical characteristics of packaged products; the timing of implementation and storage. The main prospect is the development and production of packaging materials with an improved and predictable set of safety indicators and barrier level, e.g. multilayer and combined materials, such as polymer, based on innovative technological solutions.

Keywords. Whey protein concentrate, packaging, packaging, transportation, storage

For citation: Maseeva I.A., Korotkiy I.A., and Plotnikov I.B. Modern Packaging Solutions for Whey Protein Concentrate. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2018, vol. 48, no. 4, pp. 48–58. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-4-48-58>.

Введение

В настоящий момент почти вся товарная продукция, предлагаемая потребителю, имеет упаковку и расфасована в тару. Поэтому упаковка является крайне значимым компонентом любого вида продукции в экономическом отношении.

Термины «тара» и «упаковка» довольно обширны. Слово «тара» происходит от итальянского слова *tara* и означает емкость для упаковки, хранения и транспортирования продуктов и других товаров. В качестве тары могут применяться различные емкости – ящики, бочки, банки, бутылки, а также мешки, картонные коробки и прочее. Упаковка, находящаяся в непосредственном контакте с продуктами, представляет собой так называемую первичную тару. Она призвана исполнять роль защитной оболочки, а также выполнять не маловажную для потребителя декоративную функцию.

Еще в древности человечество успешно применяло в своей повседневной жизни различные емкости – ныне тароупаковочные материалы. Это были, изготовленные из глины, дерева, стекла, кожи, полотна и даже листьев различных растений, предметы, применяемые для перевозки и хранения разнообразных продуктов и товаров.

Уже в древнем Египте и античной Греции глиняные емкости стали расписывать. Тогда тара и упаковка, кроме своей непосредственной функции сохранять и облегчать транспортировку продукции и товаров, стала реализовывать немаловажную декоративную составляющую. Данное ремесло превращало обыденные емкости в настоящие предметы искусства и способствовало продвижению продукции на рынках и стимулированию продаж.

Упаковывание – это заключительный технологический этап переработки молока и производства различных молочных продуктов. Основной задачей данного процесса является сохранение исходных качественных показателей молочных продуктов, обеспечение и гарантия санитарно-гигиенической безопасности, придание современного облика готовой молочной продукции, упакованной в привлекательную и удобную для потребителя, а также транспортирования и хранения тару. В современном промышленном производстве стадия упаковывания молочных продуктов – это последовательное выполнение операций по обработке тары и других упаковочных материалов и последующее дозирование в них продукта [1, 2].

Интерес к молочной сыворотке и продуктам ее переработки во всем мире продолжает неуклонно расти. Одним из перспективных направлений ее промышленной переработки является раздельное использование компонентов сырья, в частности

извлечение белков при помощи различных технологических приемов (криоконцентрирование, мембранные способы обработки и др.) с целью получения казеиноальбуминной массы, концентратов белков с полисахаридами (пектин, хитозан), концентратов сывороточных белков (КСБ) [3, 4]. Наряду с концентратами получили популярность продукты, выработка которых предполагает непосредственное применение белковых концентратов в качестве базового ингредиента или их долевого участие. Связано это с возросшей информированностью российского населения о пользе функциональных молочных продуктов и ингредиентов, увеличением покупательской способности на данном рынке, трендом на здоровое функциональное питание, а также повсеместной рекламой здорового образа жизни [5, 6].

Исторически, промышленное производство молочных белковых концентратов началось сравнительно недавно – в 60–70 гг. прошлого столетия. Бум производства различных концентратов пришелся на 90-е годы, когда были доказаны и оглашены их высокие анаболические свойства и биодоступность. На сегодняшний день это не только самая востребованная биодобавка среди производителей молочной продукции, но и прекрасный базовый ингредиент для существующих и разрабатываемых инновационных молочных продуктов. Для упаковывания концентратов использовалось доступное многообразие тароупаковочных материалов того времени: металлические фляги, бочки, ящики из различных материалов, полиэтиленовая пленка, пергамент и др.

В результате совершенствования методов переработки вторичного молочного сырья на принципах безотходности, ресурсо- и энергосбережения современных молокоперерабатывающих предприятий, модернизации и технического перевооружения, существующих ныне технологических линий по производству КСБ, возникает необходимость в разработке и внедрении инновационных упаковочных решений и тары для готовых продуктов. Первоочередной задачей является оценка экономической эффективности внедрения современных высокоэффективных технологий и оборудования. Это требует определенных капитальных затрат и финансовых вложений, с учетом сроков окупаемости и рентабельности таких технологий [7–9].

Целью работы является рассмотрение различных видов упаковочных материалов и тары, инновационных технологий, используемых для упаковывания концентрата сывороточного белка и продукции, выработанной на его основе,

анализ перспективных направлений разработки, производства и использования тароупаковочных материалов.

Объекты и методы исследования

Объектами исследований являются различные виды упаковочных материалов и тары, инновационные технологии, используемые для упаковывания концентрата сывороточного белка и продукции, выработанной на его основе. Рассмотрены: предназначение упаковки и тары; требования, предъявляемые к ним; виды упаковки и тары; режимы и условия транспортирования и хранения.

Результаты и их обсуждение

Упаковкой именуют тару или оболочку товара, которая предназначается для сохранения продукта, удобства обращения с ним и его транспортирования, а также выполняет ряд значимых маркетинговых функций, таких как привлечение внимания потребителей, идентификация продукта или товара, информационное оповещение потребителей, реклама и формирование имиджа.

Упаковка выполняет значимую роль в сохранности и обеспечении потребительских качеств и свойств молочных продуктов. К ней предъявляется ряд многочисленных требований:

- соответствие санитарным и гигиеническим нормам безопасности;
- технологичность в изготовлении и использовании;
- экономичность;
- механическая прочность;
- привлекательность и удобство для потребителя;
- экологичность;
- возможность утилизации или рециклинг и др.

В связи с огромным разнообразием типов и видов тары ее классифицируют по следующим признакам:

- по назначению: потребительская, производственная и транспортная;
- по признаку отношения к механическим воздействиям: жесткая, полужесткая и мягкая;
- по кратности использования: разовая и многооборотная (возвратная и инвентарная);
- по виду материала, из которого она изготовлена: деревянная, металлическая, картонная, стеклянная, бумажная, тканевая, полиэтиленовая, комбинированная и др [10].

При выборе наиболее рациональных решений по выбору упаковочных материалов следует опираться не только на технические и экономические, но и на значимые экологические аспекты.

К требованиям, предъявляемым к виду и качеству материала для изготовления тары и упаковки, а также к самой таре с целью обеспечения показателей ее безопасности и экологичности, относятся различные национальные законодательные нормативные акты, принятые на территории всех цивилизованных стран, включая Россию. К ним относят: федеральные

законы, технические регламенты, национальные и межгосударственные стандарты, санитарные правила и нормы, технические условия, технологические инструкции, постановления и ряд других [11, 12].

Загрязнение окружающей среды, использованной или утилизируемой тарой, можно многократно сократить, применяя вторичную переработку тары и упаковочных материалов или рециклинг [2, 11].

Молоко и практически все ассортиментные группы молочных продуктов скоропортящиеся, особо чувствительные к любым внешним изменениям. В результате чего, требующие трепетного отношения к выбору тароупаковочного материала, а также тщательного и бережного отношения непосредственно к самой таре и упаковке. В последнее время условия современных молокоперерабатывающих предприятий позволяют осуществлять грамотный выбор тароупаковочных материалов для транспортной и потребительской расфасовки молочной продукции, придавая особую значимость сохранности качественных показателей и потребительских свойств продуктов. Современное производство и выпуск высококачественной молочной продукции определяется следующими основными факторами:

- составом и свойствами исходного сырья;
- технологией получения молочного продукта, его составом и свойствами;
- условиями расфасовки молочного продукта;
- используемой тарой и упаковочными материалами [10, 13].

Концентрат сывороточного белка – продукт скоропортящийся, довольно нестойкий при хранении. Даже при низкой температуре (0–2 °С) его качество достаточно быстро ухудшается. Происходит это по причине высокой биологической активности молочного сырья. Сенсорные показатели продукта могут ухудшаться и при хранении вследствие ряда факторов: жизнедеятельности естественной, заквасочной или посторонней микрофлоры, несоблюдения температурных режимов транспортирования и хранения, высокой активности ферментов, свойств и характеристик упаковочного материала, а также других факторов. Например, под действием света и высокой температуры активно развиваются не только нативные микроорганизмы продукта, но и патогенные бактерии, дрожжи и плесневые грибы, которые обладают высокой протеолитической и липолитической активностью, что в свою очередь приводит к разрушению в продукте белков и жиров – главных компонентов молока. В результате действия этих и многих других факторов возникают дефекты, сказывающиеся на цвете, вкусе, запахе, консистенции, а также других сенсорных показателях продукта. В дальнейшем эти дефекты приводят к ухудшению качественных показателей, резкому снижению пищевой ценности и безопасности молочного продукта [14, 15].

Для пролонгирования сроков годности концентрата сывороточного белка часто в промышленности применяют технологию его замораживания до температуры $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$, а иногда и ниже. Данный метод не приемлем для реализации относительно порционно фасованного продукта, особенно через систему розничной торговли. В связи с этим чрезвычайно важную задачу по сохранению качества концентрата сывороточного белка может и обязана взять на себя транспортная и потребительская упаковка [16].

Концентрат сывороточного белка, получаемый из молочной сыворотки, может использоваться в чистом виде для дальнейшей промышленной переработки, а также на его основе или с его непосредственным применением возможно получать:

- пасты альбуминные (без добавления или с добавлением вкусовых компонентов), в том числе подвергнутые предварительной тепловой обработке и предназначенные для непосредственного употребления в пищу, а также кулинарных целей;
- напитки (в том числе кисломолочные);
- десертные продукты (в том числе замороженные);
- мороженое;
- сыры нежирные, пастообразные и плавленые сыры различных видовых групп;
- салатные соусы (дрессинги) (в том числе майонезы), маргарины;
- творог, творожные изделия и продукты (в том числе сырки, массы (сладкие, соленые и др.));
- сметану и сметанные продукты (в том числе сметанные соусы);
- молочно-белковые кремы, пасты;
- детские молочные продукты (в том числе сухие);
- желе и желеобразные продукты (пудинги, муссы и др.);
- молочные и молокосодержащие консервы;
- белково-углеводные концентраты;
- продукты для энтерального питания и специальные заменители женского молока;
- белковую основу для производства продуктов детского, лечебного и диетического питания;
- мясопродукты (колбасные изделия (сырокопченые, сыровяленые, полукопченые, вареные, варено-копченые, ливерные и др.), паштеты, консервы и др.);
- полуфабрикаты для мясопродуктов;
- заменители цельного молока для молодняка сельскохозяйственных животных, профилактические добавки и комбикорма;
- кондитерские изделия;
- хлебобулочные изделия;
- кулинарные изделия (полуфабрикаты для сырников и теста, молочно-белковые диетические изделия, фарши и др.) [16–18].

В связи с изложенным вопрос об упаковке КСБ и приведенного выше перечня продукции является крайне актуальным. Не смотря на широкий арсенал имеющейся на вооружении производителей молочной тары и упаковки, исторически

прослеживаются тенденции в отношении вида применяемой упаковки и типа фасуемой продукции.

Классический подход к упаковыванию КСБ предполагает использование в качестве тары жесткой упаковки (жестяные банки и др.), полужесткой (коробочки, стаканчики, баночки из различных полимерных и комбинированных материалов), мягкой (бумажная упаковка (пергамент, подпергамент), пакеты из картона, однослойных и многослойных полимерных материалов, кашированной фольги и др.) [10].

Картонную тару изготавливают из крафт-бумаги или картона. Внутреннюю сторону упаковочного материала покрывают полиэтиленом, а внешнюю – парафинируют. Соприкосновение с упакованным продуктом, а также внешняя влага не способны промочить материал. Ламинат – наиболее эффективный упаковочный материал из всего разнообразия картонной тары. Он многослойный, состоит из картона-основы, алюминиевой фольги и нескольких слоев полиэтиленовой пленки.

Мягкую или полужесткую тару применяют для фасования КСБ в пастообразном виде. В качестве последней применяют тару разной вместимости из термоформуемых полимерных материалов. Укупоривание полужесткой тары осуществляют свариванием верхней кромки упаковки с покровной пленкой толщиной, выполненной из комбинированного или полимерного материала. При порционном фасовании часто применяют пергаменты, кашированную алюминиевую фольгу, полимерные материалы («Повиден», этрол и др.). Лучшим упаковочным материалом для подобной цели является кашированная фольга, состоящая из склеенных между собой материалов: алюминиевой фольги и подпергамента или пергамента.

Для упаковывания высушенного КСБ используют следующие виды тары: металлические и комбинированные банки, клееные пачки с целлофановыми вкладышами, комбинированные материалы типа цефлен (на основе полимерных пленок или бумаги и алюминиевой фольги). Комбинированные банки и фольгу перед их непосредственным применением обрабатывают – стерилизуют горячим воздухом или (облучают) бактерицидными лампами. После дозирования продукта их закатывают в банки. Сухой концентрат сывороточных белков закатывают обычным способом, а также в среде азота с предварительным вакуумированием. Сухой КСБ сублимационной сушки закатывают только в среде азота с предварительным вакуумированием [10, 17].

Тара и упаковка для КСБ должна обладать высокой прочностью во влажном состоянии, а также достаточной степенью барьерности, т.е. газо-, паро-, водо-, ароматонепроницаемостью. Используемые тароупаковочные материалы должны обладать эксплуатационной надежностью, не подвергаться расслоению. Практически полностью вышеприведенным критериям соответствуют следующие виды тароупаковочных материалов:

пергаментная бумага, пакеты из термопластов, ламинаты, изготовленные на основе термопластов и бумаги, фольга двух- и трехслойной конструкции, а также разнообразная полужесткая тара из ламинатов на основе полимерных материалов и картона.

Наличие в составе молока и молочных продуктов многочисленного количества компонентов различной химической природы обусловило их ярко выраженную способность сорбировать ионы тяжелых металлов, а также большинство органических соединений, в том числе потенциально опасных и вредных для здоровья человека. В этой связи все без исключения тароупаковочные материалы, применяемые в молочной промышленности, должны быть максимально инертны по отношению к фасованному в них продукту, а при контакте с ним не выделять опасных и вредных для организма человека компонентов [19, 20].

При продолжительном контакте упаковки с продуктом различные полимерные материалы (лаки, красители, растворители, наполнители и другие компоненты), применяемые для изготовления большинства упаковочных материалов, могут мигрировать в молочный продукт, а из продукта – в желудок человека. Результаты такой миграции могут проявляться только спустя довольно длительное время. Для обеспечения безопасности необходимо знать о возможном влиянии компонентов упаковки на физиологию организма человека. В этом контексте токсикологические и санитарно-гигиенические требования, предъявляемые к тароупаковочному материалу, являются наиболее важными. Следует осуществлять тестирование упаковочных материалов. Оно должно проходить с обязательным оценением активности компонентов упаковки, которые могут проникать в молочные продукты. Первостепенной задачей биологических исследований таких веществ является выявление факта их возможного отдаленного воздействия на организм человека. Результаты подобных исследований оказывают решающее влияние на гигиеническую регламентацию тароупаковочного материала для конкретного молочного продукта [7, 8, 11].

Для исключения возможного попадания вредных и опасных для здоровья человека веществ в фасованный продукт существует ряд законодательных и нормативных актов, утвержденных Министерством здравоохранения РФ. В результате вся тароупаковочная продукция отечественного и импортного производства должна подлежать тщательному контролю, обязательной гигиенической сертификации и обладать высокими санитарно-гигиеническими показателями и показателями безопасности [21].

При выборе упаковки для КСБ следует учитывать не только ее технические характеристики и дизайн, но и способ вскрытия. Решающую роль при выборе продукта потребителем играет удобство использования упаковки [2, 19].

В настоящее время, благодаря инновационным технологиям, в распоряжение производителей

предоставлены совершенно новые виды упаковочной продукции, но вопрос о правильном выборе упаковочного материала для КСБ решается индивидуально для каждого конкретного случая. Чаще других в качестве упаковки применяют различные полимерные материалы, из которых в процессе синтеза и переработки получают упаковку, представляющую собой многокомпонентную систему.

К полимерной упаковке, контактирующей с продуктами переработки молока, предъявляются гигиенические требования, определяемые следующими факторами:

- токсичностью (отсутствием высокотоксичных веществ);
- кумулятивными свойствами и специфическим действием на организм человека (канцерогенным, мутагенным, аллергенным и др.);
- химической инертностью по отношению к продукту упаковочным материалом (не должен изменять органолептических свойств продукта и выделять химических веществ в дозах, превышающих допустимые уровни).

Довольно невысокая стоимость, многообразие исходных производственных материалов и вариантов исполнения, востребованность потребителями – далеко не окончательный перечень достоинств полимерной упаковки. Одно из инновационных решений – упаковка из полипропилена с дополнительным внутренним высокобарьерным покрытием EVOH. Применение данной упаковки значительно продлевает сроки хранения молочных продуктов [10, 11, 22].

Асептический способ фасования молочных продуктов пользуется большой популярностью у производителей. Данный способ предполагает расфасовку продукта в стерильный упаковочный материал. Причем укупоривание продукта происходит в условиях той же стерильности. Данная технология обеспечивает высокую степень защиты от быстрой порчи продукта, дополнительно способствуя пролонгации сроков хранения КСБ без применения каких-либо консервирующих агентов. Как правило, в состав тары, используемой при асептическом способе фасования, входят картон, алюминий и полиэтилен.

Применение при фасовании КСБ газомодифицированных смесей, способствует значительному продлению сроков его годности. Данная технология предполагает применение безопасных для организма человека веществ, позволяет сохранять основные сенсорные характеристики молочного продукта без использования консервантов путем создания в таре специфической антибактериальной среды [20].

В сущности, тароупаковочные материалы, используемые для фасования КСБ, должны:

- отвечать требованиям нормативной документации, в соответствии с которой они произведены;
- допускаться к применению в установленном нормативными актами порядке;
- обеспечивать сохранность качества и безопасность

продукта при его транспортировании, хранении и реализации [21, 23].

Тароупаковочные материалы и инновационные технологии, применяемые для упаковывания концентрата сывороточного белка, режимы и сроки его хранения в различных видах упаковки и тары, приведены в таблице 1.

Транспортная тара, используемая для КСБ, должна быть чистой, продезинфицированной, не подверженной коррозии.

Чаще всего КСБ упаковывают так называемыми головками массой 4–5 кг каждая по 3–4 штуки в пленочные мешки.

В случае применения ящиков из картона для упаковывания КСБ последние выстилают пленочными мешками из полимерных материалов или другими упаковочными материалами. В каждый ящик помещают КСБ одной партии и одинаковой массы нетто. Ящики должны быть

неповрежденными, чистыми, без посторонних запахов. Стыки клапанов картонных ящиков оклеивают клеевой лентой на бумажной основе или полиэтиленовой лентой с липким слоем. Горловину мешков-вкладышей сваривают методом термосваривания, туго перевязывают двойным узлом с перегибом, закрепляют при помощи клипсаторов или используют другие способы упаковывания.

После фасования продукта фляги плотно закрывают крышками, снабженными резиновыми прокладками и пломбируют.

На всю высоту ящика, изготовленного из полимерных материалов, помещают уплотнительные прокладки из фанеры, картона или плотной бумаги, предохраняющие транспортную упаковку от повреждений.

Продукты, полученные на основе КСБ или с его непосредственным применением, упаковывают:

Таблица 1 – Режимы и сроки хранения концентрата сывороточного белка в разных видах тары/упаковки/материала
Table 1 – Modes and periods of whey protein concentrate storage according to different types of packaging and material

№ п/п	Вид тары/упаковки/материала, технология упаковывания	Режим и сроки хранения
транспортная		
1	Деревянные заливные и сухотарные бочки с пленочными мешками-вкладышами	– температура от 2 °С до 6 °С, относительная влажность воздуха не более 80 %, не более 3 сут.;
2	Металлические фляги для молока и молочных продуктов, алюминиевые бидоны	– температура не выше –10 °С, относительная влажность воздуха не более 90 %, не более 90 сут.;
3	Пленочные мешки-вкладыши	– температура не выше 20 °С, относительная влажность воздуха не более 80 %, не более 6 мес.
4	Ящики из гофрированного картона или тарного плоского склеенного картона с пленочными мешками-вкладышами	(сухой КСБ)
5	Ящики дощатые, фанерные, полимерные и алюминиевые ящики-контейнеры, закрытые крышками и опломбированные	
потребительская		
1	Пергамент и подпергамент	– температура от 2 °С до 6 °С, относительная влажность воздуха не более 80 %, не более 3 сут.;
2	Кашированная фольга (фольга, кашированная пергаментом или подпергаментом)	– температура не выше –10 °С, относительная влажность воздуха не более 90 %, не более 90 сут.
3	Пленка полиэтиленовая наполненная	
4	Герметичная упаковка из полистирола или полипропилена (баночки, коробочки, контейнеры, стаканчики, тубы и др.)	
5	Высокобарьерная пленка	температура от 2 °С до 6 °С, относительная влажность воздуха не более 80 %, не более 10 сут. (при соблюдении стерильных условий)
6	Вакуумирование содержимого и запаивание пакета	
7	Заполнение пакетов инертным газом с автоматической регулировкой подачи инертного газа в зависимости от содержания кислорода (O ₂) в пакете	температура от 2 °С до 6 °С, относительная влажность воздуха не более 80 %, не более 14 сут.
8	Стоячие пакеты типа «Дой-пак» (в модифицированной газовой среде)	
9	Бумага или комбинированные материалы на ее основе с образованием брикета, укладка в вакуум-формованную упаковку прямоугольной формы из тонких (ок. 100 мкм) высокобарьерных прозрачных или белых пленок	
10	Металлизированный комбинированный упаковочный материал, ламинированный полиэтиленом с обеих сторон. Оболочка -упаковка из такого материала, сваренная по продольному шву и заклипсованная по торцам	температура от 2 °С до 6 °С, относительная влажность воздуха не более 80 %, не более 21 сут.
11	Технология ULTRA CLEAN – фасовка и упаковка продукта в условиях сверхчистого воздуха	
12	Технология упаковки в модифицированной газовой среде (МГС) (упаковка в газ) или упаковка в MAP (Modified Atmosphere Packaging)	

- батончиками с применением пленки в виде рукавной оболочки из полимерных материалов на основе полиамидов, полиолефинов и других жиро-, влаго- и газопаронепроницаемых пленок массой нетто от 100 до 1000 г включительно;
- в пакеты из полимерных или комбинированных материалов массой нетто от 250 до 1000 г включительно;
- в стаканчики и коробочки, изготовленные из пропилена, полистирола и других полимерных материалов, герметично укупоренные слоем алюминиевой фольги с термосвариваемым покрытием либо другого термосвариваемого материала со съёмными крышками или без них массой нетто от 100 до 500 г включительно.

Данные продукты в потребительской упаковке помещают в ящики из картона или другую транспортную упаковку, разрешенную к непосредственному применению, массой нетто не более 20 кг. Между горизонтальными рядами продукта следует укладывать прокладки из оберточной бумаги. В каждый ящик помещают продукты одинаковой массы нетто, выработанные одной партией.

Можно применять другие упаковочные материалы, транспортную и потребительскую упаковки, разрешенные для контакта с пищевыми, в частности молочными продуктами.

Концентрат хранят упакованным в транспортную и потребительскую упаковки, продукты на его основе – в потребительской упаковке, уложенной в транспортную упаковку.

Продукт в транспортной упаковке располагают для хранения на решетках, рейках, поддонах, в чистых, сухих и хорошо вентилируемых помещениях, в торговой сети – в охлаждаемых прилавках и холодильных шкафах. Не допустимо хранить концентрат совместно с другими пищевыми продуктами, имеющими специфический запах.

Перевозку КСБ и продуктов, выработанных на его основе, осуществляют в специализированных изотермических транспортных средствах, в соответствии с действующими правилами перевозок грузов, на транспорте соответствующего вида [16, 21, 23].

В целях продолжительного хранения (в течение нескольких месяцев) концентрат, возможно, резервировать замораживанием. При замораживании большой массой (например, в бочках) при температуре выше -20 °С процесс протекает медленно, с образованием довольно крупных кристаллов льда. Такой продукт после размораживания резко снижает свои качественные характеристики. Крупные кристаллы льда превращаются в значительные капли влаги, которые не способны равномерно распределиться и частично вытекают из концентрата. В результате продукт приобретает крупитчатую консистенцию. Для предотвращения данных недостатков на современных молокоперерабатывающих предприятиях концентрат перед замораживанием предварительно фасуют в виде брикетов массой

0,5 кг или в виде блоков массой 7–10 кг. Брикет и блок вначале упаковывают в бумагу, покрытую полиэтиленовой пленкой. Затем замороженный концентрат укладывают в картонные ящики и направляют для длительного хранения в камеры с температурой воздуха не выше -18 °С. При постепенной дефростации брикетов и блоков концентрата из последнего не извлекается влага и не происходит значительных изменений его структурно-механических характеристик [14, 17].

Проведенный комплекс научных и опытно-технологических работ, выполненных в последние годы учеными совместно с рядом предприятий и организаций, позволил развить принципиально новые направления научно-технического прогресса в области создания тароупаковочных материалов для молочной промышленности. Созданы научные и технологические предпосылки производства новых для молочной промышленности тароупаковочных материалов, в том числе материалов нового поколения с уникальным прогнозируемым комплексом свойств [10, 24].

Одна из перспективных разработок – группа упаковочных материалов для молочных продуктов, обладающих повышенными барьерными свойствами. За счет нанесения на рулонные полимерные субстраты комбинации тончайших многослойных покрытий различных металлов, их сплавов, окислов и неметаллов – оксидов, нитритов, нитридов и др., происходит формирование непроницаемости упаковки. При этом используется вакуумная технология магнетронного напыления. В результате такой технологии получен упаковочный материал с комбинированным медно-алюминиевым покрытием, который по уровню барьерности аналогичен лучшим зарубежным образцам.

Перспективным направлением является разработка и производство материалов, в состав которых входят антимицробные добавки. Проведенные исследования материала показали, что за счет его поверхностной модификации удалось достичь выраженного ингибирующего эффекта по отношению к плесени. Разработанный материал является прекрасной альтернативой металлизированным бумагам и кашированной фольге, будучи в несколько раз дешевле. Материал предназначен для расфасовки и довольно продолжительного срока хранения пастообразных молочных продуктов, включая КСБ.

Биоразлагаемая упаковка, изготовленная из зерновых культур, картофеля, фруктов – еще одна из перспективных на сегодняшний день для фасования КСБ. Биоразлагаемая упаковка более конкурентоспособна в связи с ее низкой стоимостью. Ее производство – относительно легкий и быстрый процесс. Данная упаковка может изготавливаться методом формования под прессом меньше, чем за 1 минуту. Готовый к использованию контейнер покрывают специальной водоотталкивающей пленкой, содержащей в себе витамины и другие полезные пищевые добавки, изготовленной из натуральных материалов.

Прозрачный биоразлагаемый упаковочный материал можно получать из целлюлозы и хитина. В будущем такой материал может заменить пластик. Хитин получают из экзоскелета членистоногих (ракообразных и насекомых). Смесь нановолокон хитина и целлюлозы с водой превращают в суспензию и наносят на основу из полилактида, полученного из кукурузы или сахарного тростника. По прочности материал не уступает пластику, на 67 % менее проницаем для кислорода, чем полиэтилентерефталат – основной материал полимерной тары.

Из отходов рыбной промышленности можно получить компостируемый, экологически чистый и антимикробный биопластик.

«Умная бумага» – новый экологически чистый упаковочный материал. Входящие в его состав минеральные добавки, способствуют достижению высокой водо- и жиростойкости, бактериологической чистоты («эффект скорлупы»), высоких барьерных свойств, безопасности, белизны, матовости поверхности, приятных тактильных свойств. В отличие от кашированной фольги она не нуждается в дополнительной утилизации и полностью разлагается. Материал может использоваться на любом упаковочном оборудовании и оказывает меньшую нагрузку на фасовочные машины, что продлевает срок службы технологического оборудования.

В результате совмещения полимерной пленки «Умная бумага» и кашированной фольги получают уникальный материал – «Нанофольгу». Новый упаковочный материал обладает всеми основными преимуществами своих предшественников: экологичен, практичен, не прилипает к продукту, не рвется при разворачивании, обладает повышенной газо- и светонепроницаемостью, сохраняет форму, поддерживает температуру упакованного продукта, имеет привлекательный внешний вид. В составе материала содержится около 70 % минералов, что позволяет ему полностью разлагаться и не прибегать к дополнительной утилизации.

Создан экологически чистый упаковочный материал – Scoby, полученный из ферментированных бактерий и дрожжей, представляющий собой органическую мембрану. Упаковка Scoby полностью биоразлагаема и съедобна.

В настоящее время в качестве тары популярность приобретают полимерные двухкамерные стаканчики

и контейнеры, а также «упаковка-посуда» [10, 13, 24–26].

Данные инновационные упаковочные материалы и тара используются за рубежом и рядом российских производителей молочных продуктов, таких как ОАО «Ядринмолоко», «Молвест», Торжокский молочный комбинат «Тверца», ООО «Новатор» (Крым), «Крымский молочник» и др. Они подходят для упаковки различных молочных и молкосодержащих продуктов, в том числе КСБ и продуктов, выработанных на его основе.

Вышеупомянутые направления создания упаковочных материалов и тары нового поколения не являются единственными. Основная проблема – максимальное адаптивное изменение упаковки к конкретным видам фасуемой продукции.

Выводы

В настоящее время российскими таропроизводителями разработано и освоено промышленное производство широкого ассортимента упаковочных материалов, укупочных средств, транспортной и потребительской тары из сырьевых компонентов отечественного производства, инновационных упаковочных технологий для молочной продукции с учетом сенсорных и структурно-механических характеристик фасуемых продуктов, сроков их реализации и хранения. Главной перспективой является разработка и производство тароупаковочных материалов с усовершенствованным предсказуемым комплексом показателей безопасности, а также высоким уровнем барьерности – многослойным и комбинированным материалам, в том числе полимерным, технология получения которых предполагает применение инновационных технологических решений.

Сегодня современные производители молочной тары и упаковки предлагают широкий ассортимент изделий, разнообразных по материалу изготовления, геометрической форме, а также подходам к самому процессу фасования продукта. Это, с одной стороны, позволяет отдать предпочтение наиболее инновационной упаковке, а, с другой, – усложняет процесс выбора.

Конфликт интересов

Авторы статьи заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Упаковка молока и молочных продуктов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://lektsia.com/4x165f.html/>. – Дата обращения: 19.09.2018.
2. Хэнлон, Дж. Ф. Упаковка и тара: проектирование, технологии, применение / Дж. Ф. Хэнлон, Р. Дж. Келси, Х. Е. Форсинио; пер. с англ. В. Ашкинази, Б. Бондаренко, В. Климешов [и др.]. – СПб. : Профессия, 2006. – 632 с.
3. Пути решения импортозамещения молочной продукции. Продукты из молочной сыворотки / И. А. Евдокимов, Б. В. Чаблин, М. С. Золоторева [и др.] // Переработка молока. – 2015. – Т. 185, № 3. – С. 10–14.
4. Тенденции переработки молочной сыворотки / М. С. Золоторева, Д. Н. Володин, В. К. Топалов [и др.] // Переработка молока. – 2015. – Т. 190, № 8. – С. 23–25.

5. Переработка молочной сыворотки с получением ценных пищевых ингредиентов / М. С. Золоторева, Д. Н. Володин, С. Н. Князев [и др.] // Переработка молока. – 2015. – Т. 187, № 5. – С. 28–29.
6. Использование сывороточных ингредиентов в производстве продуктов питания / Д. Н. Володин, М. С. Золоторева, А. В. Костюк [и др.] // Молочная промышленность. – 2017. – № 2. – С. 65–67.
7. Interaction and influence of investment process stimulating factors in agriculture on the main trends in the development of the agricultural sector in Russia / N. Kuznetsov, M. Iurkova, V. Shibaykin [et al.] // *Економічний часопис-XXI*. – 2016. – Vol. 158, № 3–4–2. – P. 26–30. DOI: <https://doi.org/10.21003/ea.V158-06>.
8. Novikova, N. Concept and modalities of the corporatization of capital / N. Novikova, J. Shihanova, L. Alaykina // *Theoretical and Practical Issues of Ensuring the Economic Interests of the Modern Innovative Society* / A. Burkov. – San Francisco : B&M Publishing, 2013. – P. 123–124.
9. Новикова, Н. А. Тенденции развития молочной отрасли в России / Н. А. Новикова // *Агропродовольственная экономика*. – 2017. – № 3. – С. 17–26.
10. Мамаев, А. В. Тара и упаковка молочных продуктов / А. В. Мамаев, А. О. Куприна, М. В. Яркина. – СПб. : Лань, 2014. – 304 с.
11. Харитонов, В. Д. Основные направления развития молочной промышленности и вопросы экологизации / В. Д. Харитонов, Л. Л. Лисенкова, Д. Н. Лисицын // *Переработка молока*. – 2010. – № 10. – С. 15–17.
12. Малыха, Е. Ф. Актуальные проблемы организаций молочной промышленности России / Е. Ф. Малыха, Ю. В. Катаев // *Наука без границ*. – 2017. – Т. 14, № 9. – С. 5–9.
13. Affertshoit, T. Whey Book 2014. The Global Market for Whey and Lactose ingredients 2014-2017/3A / T. Affertshoit, M. Fenger. – Business Consulting, 2014. – 148 p.
14. Щетинин, М. П. Производство и переработка молочной сыворотки в России и Алтайском крае / М. П. Щетинин, А. С. Дорохова // *Ползуновский Вестник*. – 2013. – № 4–4. – С. 80–84.
15. Переработка молочной сыворотки: понятная стратегия, реальные технологии, адекватные инвестиции, востребованные продукты / Д. Н. Володин, М. С. Золоторева, В. К. Топалов [и др.] // *Молочная промышленность*. – 2015. – № 5. – С. 36–41.
16. ГОСТ 33956-2016. Альбумин молочный и пасты альбуминные. Технические условия [Электронный ресурс]. М. : Стандартинформ, 2016. – 12 с. – Режим доступа: <http://www.internet-law.ru/gosts/gost/63995/>. – Дата обращения: 19.09.2018.
17. Технология продуктов из вторичного молочного сырья / А. Г. Храмов, С. В. Василисин, С. А. Рябцева [и др.]. – СПб. : ГИОРД, 2011. – 424 с.
18. Золоторева, М. С. Переработка сыворотки – возможность заработать / М. С. Золоторева // *Переработка молока*. – 2014. – Т. 182, № 12. – С. 10–12.
19. Аксенова, Т. И. Технология упаковочного производства / Т. И. Аксенова, В. В. Ананьев, Н. М. Дворецкая. – М. : Колос, 2002. – 184 с.
20. Проценко, И. О. Тара и упаковка. Путь к потребителю / И. О. Проценко, В. Г. Ларионов, Д. С. Фалько // *Российское предпринимательство*. – 2000. – Т. 8, № 8. – С. 51–54.
21. Технический регламент таможенного союза ТР ТС 005/2011 «О безопасности упаковки» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/902299529/>. – Дата обращения: 19.09.2018.
22. Сухарева, Л. А. Полимеры в производстве тароупаковочных материалов / Л. А. Сухарева, В. С. Яковлев. – М. : ДеЛи принт, 2005. – 494 с.
23. Технический регламент таможенного союза ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docinfo.ru/tr-ts/tr-ts-033-2013/>. – Дата обращения: 19.09.2018.
24. Мунам, З. С. Повышение качества упаковки молочной продукции Ирака / З. С. Мунам // *Биоэкономика и экобиополитика*. – 2016. – Т. 2, № 1. – С. 44–48.
25. Упаковка нового поколения / О. Коваленко, В. Крылова, Л. Абрамова [и др.] // *Пластикс*. – 2012. – Т. 111, № 5. – С. 30–34.
26. Минасян, Т. В. тренде – легкая прозрачность. Обзор российского рынка упаковки / Т. Минасян // *Российский продовольственный рынок*. – 2016. – № 4. – С. 41–45.

References

1. *Upakovka moloka i molochnykh produktov* [Packaging of milk and dairy products]. Available at: <https://lektsia.com/4x165f.html/>. (accessed 19 September 2018).
2. Hanlon J.F., Kelsey R.J., and Forcinio H.E. *Handbook of Package Engineering*. CRC Press Publ., 1998. 698 p. (Russ. ed.: Khehnlon Dzh.F., Kelsi R.Dzh., and Forsinio X.E. *Upakovka i tara: proektirovanie, tekhnologii, primenenie*. St. Petersburg: Professiya Publ., 2008. 632 p.).
3. Evdokimov I.A., Chablin B.V., Zolotoreva M.S., and Volodin D.N. Puti resheniya importozameshcheniya molochnoy produktsii. Produkty iz molochnoy syvorotki [Solutions for the import substitution of dairy products]. *Milk Processing*, 2015, vol. 185, no. 3, pp. 10–14. (In Russ.).
4. Zolotoreva M.S., Volodin D.N., Topalov V.K., Evdokimov I.A., and Chablin B.V. Tendentsii pererabotki molochnoy syvorotki [Trends in whey processing]. *Milk Processing*, 2015, vol. 190, no. 8, pp. 23–25. (In Russ.).

5. Zolotareva M.S., Volodin D.N., Knyazev S.N., Tereshina E.N., and Chablin B.V. Pererabotka molochnoy syvorotki s polucheniem tsennykh pishchevykh ingredientov [Processing whey to obtain valuable food ingredients]. *Milk Processing*, 2015, vol. 187, no. 5, pp. 28–29. (In Russ.).
6. Volodin D.N., Zolotareva M.S., Kostyuk A.V., et al. Application of whey ingredients in foods production. *Dairy industry*, 2017, no. 2, pp. 65–67. (In Russ.).
7. Kuznetsov N., Iurkova M., Shibaykin V., Novikova N., and Sadovnikova E. Interaction and influence of investment process stimulating factors in agriculture on the main trends in the development of the agricultural sector in Russia. *Economic Annals-XXI*, 2016, vol. 158, no. 3–4–2, pp. 26–30. DOI: <https://doi.org/10.21003/ea.V158-06>.
8. Novikova N., Shihanova J., and Alaykina L. Concept and modalities of the corporatization of capital. In: A. Burkov (ed) *Theoretical and Practical Issues of Ensuring the Economic Interests of the Modern Innovative Society*. San Francisco: B&M Publ., 2013, pp. 123–124.
9. Novikova N.A. Tendencies of development of the dairy industry in Russia. *Agro Production and Economics Journal*, 2017, no. 3, pp. 17–26. (In Russ.).
10. Mamaev A.V., Kuprina A.O., and Yarkina M.V. *Tara i upakovka molochnykh produktov* [Packaging of dairy products]. St. Petersburg: Lan Publ., 2014. 304 p. (In Russ.).
11. Kharitonov V.D., Lisenkova L.L., and Lisitsyn D.N. Osnovnye napravleniya razvitiya molochnoy promyshlennosti i voprosy ehkologizatsii [The main trends in the development of dairy industry and ecological issues]. *Milk Processing*, 2010, no. 10, pp. 15–17. (In Russ.).
12. Malykha E.F. and Katayev Yu.V. Actual problems of Russian dairy industry organizations. *Nauka bez granits* [Science without borders], 2017, vol. 14, no. 9, pp. 5–9. (In Russ.).
13. Affertshoit T. and Fenger M. *Whey Book 2014. The Global Market for Whey and Lactose ingredients 2014-2017/3A*. Business Consulting Publ., 2014. 148 p.
14. Schetinin M.P. and Dorokhova A.S. Production and processing of whey in Russia and the Altai Region. *Polzunovskiy Vestnik*, 2013, no. 4–4, pp. 80–84. (In Russ.).
15. Volodin D.N., Zolotareva M.S., Topalov V.K., et al. Milk whey processing: conceptual strategy, real technologies, adequate investments, demanded products. *Dairy industry*, 2015, no. 5, pp. 36–41. (In Russ.).
16. *State Standard 33956-2016. Albumine and pastes from albumin. Specifications*. Moscow: Standartinform Publ., 2016. 12 p. Available at: <http://www.internet-law.ru/gosts/gost/63995/>. (accessed 19 September 2018).
17. Khrantsov A.G., Vasilisin S.V., Ryabtseva S.A., and Vorotnikova T.S. *Tekhnologiya produktov iz vtorichnogo molochnogo syr'ya* [Technology of products from secondary dairy raw materials]. St. Petersburg: GIOR Publ., 2011. 424 p. (In Russ.).
18. Zolotareva M.S. Pererabotka syvorotki – vozmozhnost' zarabotat' [Whey processing for some extra cash]. *Milk Processing*, 2014, vol. 182, no. 12, pp. 10–12. (In Russ.).
19. Aksenova T.I., Anan'ev V.V., and Dvoret'skaya N.M. *Tekhnologiya upakovochnogo proizvodstva* [Packaging technology]. Moscow: Kolos Publ., 2002. 184 p. (In Russ.).
20. Protsenko I.O., Larionov V.G., and Fal'ko D.S. Tara i upakovka. Put' k potrebitelyu [Packaging: path to the consumer]. *Russian Journal of Entrepreneurship*, 2000, vol. 8, no. 8, pp. 51–54. (In Russ.).
21. *Tekhnicheskiiy reglament tamozhennogo soyuza TR TS 005/2011 "O bezopasnosti upakovki"* [The Recommended Practice of the Customs Union No. 005/2011 "On packaging safety"]. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/902299529/>. (accessed 19 September 2018).
22. Sukhareva L.A. and Yakovlev V.S. *Polimery v proizvodstve taroupakovochnykh materialov* [Polymers in the production of packaging materials]. Moscow: DeLi print Publ., 2005. 494 p. (In Russ.).
23. *Tekhnicheskiiy reglament tamozhennogo soyuza TR TS 033/2013 "O bezopasnosti moloka i molochnoy produktsii"* [The Recommended Practice of the Customs Union No. 033/2013 "On the safety of milk and dairy products"]. Available at: <https://docinfo.ru/tr-ts/tr-ts-033-2013/>. (accessed 19 September 2018).
24. Munam Z.S. Povyshenie kachestva upakovki molochnoy produktsii Iraka [Improving the quality of packaging of dairy products in Iraq]. *Bioeconomy and Ecobiopolitic*, 2016, vol. 2, no. 1, pp. 44–48. (In Russ.).
25. Kovalenko O., Krylova V., Abramova L., and Platonova N. The packaging of the next generation. *Plastiks*, 2012, vol. 111, no. 5, pp. 30–34. (In Russ.).
26. Minasyan T. In trend – easy transparency. Review of the Russian Packaging Market. *Russian Food & Drinks Market Magazine*, 2016, no. 4, pp. 41–45. (In Russ.).

Мазеева Ирина Александровна

канд. техн. наук, доцент кафедры технологии продуктов питания животного происхождения, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (3842) 39-68-58, e-mail: milk@kemsu.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-1836-0632>

Irina A. Maseeva

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Department Technology of Food of Animal Origin, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-58, e-mail: milk@kemsu.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-1836-0632>

Короткий Игорь Алексеевич

д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой теплохладотехники, директор Института электронных образовательных коммуникаций, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (3842) 39-68-49, e-mail: txtkemtipp@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-7623-0940>

Igor A. Korotkiy

Dr.Sci.(Eng.), Professor, Head of the Department Heat Technology, Director of «InEEC», Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: + 7 (3842) 39-68-49, e-mail: txtkemtipp@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-7623-0940>

Плотников Игорь Борисович

канд. техн. наук, доцент кафедры машин и аппаратов технологических систем, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (3842) 39-68-40, e-mail: kafedra.mats@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-0149-1724>

Igor B. Plotnikov

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Department Machines and Apparatus for Technological Systems, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-40, e-mail: kafedra.mats@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-0149-1724>

Использование нового штамма дрожжей в хлебопечении

Т. В. Меледина¹, С. Г. Давыденко², О. В. Головинская^{1,*},
И. А. Шестопалова¹, А. А. Морозов¹

¹ ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий механики и оптики», 197101, Россия, г. Санкт-Петербург, Кронверкский проспект, 49

² ООО «Пивоваренная компания Балтика», 194292, Россия, г. Санкт-Петербург, 6-й Верхний пер., 3

Дата поступления в редакцию: 12.11.2018
Дата принятия в печать: 28.12.2018

*e-mail: oksana2187@mail.ru



© Т. В. Меледина, С. Г. Давыденко, О. В. Головинская, И. А. Шестопалова, А. А. Морозов, 2018

Аннотация. Традиционная технология хлебопечения характеризуется применением одноименных дрожжевых штаммов, разработанных для наилучшего сбраживания субстрата с целью получения качественного готового продукта, отвечающего всем требованиям технической документации. Применение пивоваренных штаммов дрожжей позволяет повысить биологическую ценность готового продукта благодаря содержащимся в них различным витаминам и микро-, макроэлементам. Целью исследования было изучение влияния нового штамма дрожжей на физико-химические и органолептические показатели качества тестовых полуфабрикатов и пшеничного хлеба с целью разработки технологии использования нового штамма дрожжей в хлебопечении. В качестве объекта исследования использовали пивоваренный штамм дрожжей Y 3194. Для приготовления контрольных и опытных образцов использовали опарный, безопарный, ускоренный способы тестоведения, а также способ с применением концентрированной молочной закваски (КМКЗ). В ходе работы изучены хлебопекарные свойства опытного образца дрожжей, подобрана дозировка данных дрожжей, при которой готовые изделия имеют хорошие физико-химические и органолептические показатели. Изучая интенсивность газообразования и газодержания в процессе брожения теста, было выявлено, что брожение у контрольного образца происходит интенсивнее, но коэффициент газодержания отличается незначительно (98,4 % у контрольного и 99,4 % у опытного). Установлено, что результаты исследований физико-химических показателей хлеба с новым штаммом дрожжей при безопарном и ускоренном способах тестоведения не превышают допустимых значений: влажность мякиша не более 44 %; кислотность мякиша не более 3 %; пористость мякиша не менее 72 %. Исследования показали, что новый штамм дрожжей Y 3194 можно применять в хлебопечении.

Ключевые слова. Хлебопечение, пивоваренные дрожжи, тестоведение, физико-химические показатели хлеба

Для цитирования: Использование нового штамма дрожжей в хлебопечении / Т. В. Меледина, С. Г. Давыденко, О. В. Головинская [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 4. – С. 59–65. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-4-59-65>.

Original article

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

New Yeast Strain in Baking Industry

T.V. Meledina¹, S.G. Davydenko², O.V. Golovinskaia^{1,*},
I.A. Shestopalova¹, A.A. Morozov¹

¹ Saint Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics, 49, Kronverksky Ave., St. Petersburg, 197101, Russia

² "Baltika Breweries" Part of Carlsberg Group, 3, 6 Verkhniy Ave., St. Petersburg, 194292, Russia

Received: November 12, 2018
Accepted: December 28, 2018

*e-mail: oksana2187@mail.ru



© T.V. Meledina, S.G. Davydenko, O.V. Golovinskaia, I.A. Shestopalova, A.A. Morozov, 2018

Abstract. Yeast strains used in traditional breadmaking are designed to produce the best substrate fermentation and a high-quality product that meets all the requirements. However, the use of brewing yeast strains makes it possible to increase the biological value of the finished product rich in various vitamins and micro- and macroelements. Thus, the research objective was to investigate the effect of a new yeast strain on the physicochemical and organoleptic quality indicators of test semi-finished products and wheat bread in order to develop a technology for using yeast strain Y 3194 in baking industry. The control and experimental samples were made

with the use of sponge, straight, and quick dough methods, as well as the concentrated milk ferment method. The authors studied the baking properties of the brewery yeasts and selected the dosage with the best physico-chemical and organoleptic characteristics of the finished product. By measuring the intensity of gas-producing and gas-retaining power during the dough fermentation, the fermentation in the control sample was found more intense, but there was a slight difference in the gas-retaining ratio (98.4% for the control sample and 99.4% for the experimental sample). The physicochemical parameters of bread made with the help of the new yeast strain and straight and quick dough methods did not exceed the permissible values: the crumb humidity was $\leq 44\%$; crumb acidity was $\leq 3\%$; crumb porosity was $\geq 72\%$. The research proved that yeast strain Y 3194 can be used in baking.

Keywords. Breadmaking, brewery yeasts, dough process, bread physicochemical parameters

For citation: Meledina T.V., Davydenko S.G., Golovinskaia O.V., Shestopalova I.A., and Morozov A.A. New Yeast Strain in Baking Industry. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2018, vol. 48, no. 4, pp. 59–65. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-4-59-65>.

Введение

Особый интерес в современной биотехнологии вызывают дрожжи-сахаромицеты (*Saccharomyces cerevisiae*). Связано это с их спецификой метаболизма. Аэробный и анаэробный энергетические обмены, реализуемые как в отдельности, так и одновременно, являются основой для получения продуктов брожения, а именно пива и биомассы хлебопекарных дрожжей [1, 7].

Согласно ГОСТ 32677-2014 «Изделия хлебобулочные. Термины и определения» один из основных ингредиентов изготовления хлеба – дрожжи. Все без исключения дрожжи, используемые в хлебопечении, относятся к виду *S. cerevisiae* и исторически происходят от штаммов пивных дрожжей. Раньше дрожжи для хлебопечения получали с пивоварен. Благодаря этому хлебопекарная и пивоваренная промышленности тесно связаны между собой [2, 13, 15].

В связи с тем, что получен новый штамм дрожжей *S. cerevisiae* Y 3194, обладающий высокой бродильной активностью и используемый в пивоварении, появилась теоретическая возможность использования пивных дрожжей в хлебопечении. Имеет смысл исследовать возможность расширения спектра промышленного применения нового штамма дрожжей. Можно сделать вывод о том, что открылась перспективная возможность применения данных дрожжей в хлебопечении [3, 4, 17, 18].

Также следует отметить, что одним из основных современных направлений является здоровое питание. При мониторинге социальных сетей и известных сайтов для заказов биологически активных добавок можно заметить тенденцию покупки пивных дрожжей в качестве источника витаминов и микроэлементов.

Целью исследования являлось обоснование возможности использования нового штамма дрожжей Y 3194 в хлебопечении и разработка технологии хлеба пшеничного из муки высшего сорта с использованием нового штамма дрожжей, соответствующего физико-химическим и органолептическим показателям качества.

Объекты и методы исследования

Объектами исследования являлись дрожжи нового штамма Y 3194 (далее опытный образец), применяемые в настоящее время в пивоварении.

Контрольным образцом служили дрожжи хлебопекарные прессованные ОАО «Комбинат пищевых продуктов», Санкт-Петербург.

Физико-химические и органолептические показатели дрожжей определяли по ГОСТ Р 54731-2011 «Дрожжи хлебопекарные прессованные. Технические условия». Также дрожжи были визуальным изучены на микроскопе AXIO ZEISS Lab. A1 x 40 [10].

Физико-химические показатели готовых изделий (влажность, кислотность, пористость) определяли по общепринятым методикам [5, 11].

Реологические свойства теста определяли на реоферментометре RHEO F3 фирмы Chopin (Франция). Результаты выражали в см³ диоксида углерода, выделившегося за 5 ч брожения теста. Удельный объем хлеба рассчитывали по отношению объема хлеба к его массе. Структурно-механические свойства готовых изделий изучали на структурометре СТ-2 [5, 11].

Результаты и их обсуждение

Микроскопирование опытного образца выявило, что образец имеет крупные клетки правильной овальной формы. Клетки не почкуются. Клетки в среднем крупнее, чем у подобных штаммов пивоваренных дрожжей. Это отвечает одному из требований, предъявляемых к хлебопекарным дрожжам. Органолептические показатели соответствуют требованиям. В результате проведенных исследований были получены показатели качества исследуемого штамма, которые приведены в таблице 1.

Согласно таблице 1 опытный образец дрожжей незначительно отличается от контрольного по влажности, практически не уступает в подъемной силе и обладает более высоким показателем

Таблица 1 – Показатели качества дрожжей

Table 1 – Yeast quality indicators

Наименование показателя	Значение показателей качества образца	
	Контрольный	Опытный
Влажность, %	70,0 ± 0,5	71,0 ± 0,5
Кислотность, мг уксусной кислоты/100 г	150 ± 1	162 ± 1
Подъемная сила, мин	59 ± 1	70 ± 1

Таблица 2 – Нормативная рецептура

Table 2 – Standard formula

Наименование сырья	Способ тестоведения			
	Опарный	Безопарный	Ускоренный	Ускоренный на КМКЗ
Мука пшеничная хлебопекарная высший сорт, кг	100	100	100	100
Закваска, кг	–	–	–	9,9
Дрожжи прессованные, кг	1,0	2,5	4,0	2,0
Соль пищевая, кг	1,3	1,3	1,3	1,3
Вода, кг	По расчёту			

Таблица 3 – Реоферментометрические показатели теста

Table 3 – Reo-enzyme parameters of the dough

Наименование показателя	Значение реоферментометрических показателей теста:	
	Контрольный образец	Опытный образец
Максимальное значение газовыделения, мм	82,1	66,8
Общий объем выделяемого диоксида углерода, см ³	2959	1898
Объем потерянного диоксида углерода, см ³	32	11
Удержанный объем диоксида углерода, см ³	2927	1887
Коэффициент газодержания, %	98,9	99,4

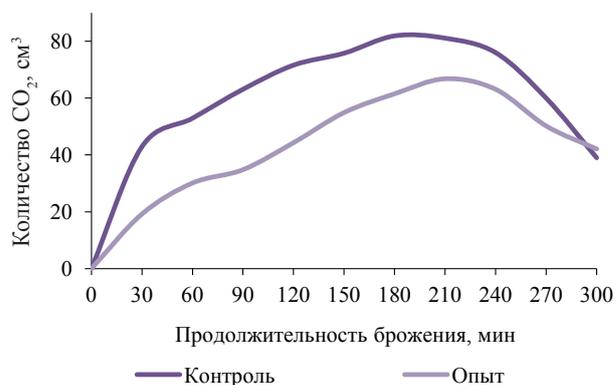


Рисунок 1 – Выделение диоксида углерода в процессе брожения теста

Figure 1 – The release of carbon dioxide during the fermentation

кислотности (выше на 8 %). Показатели используемых дрожжей соответствуют нормативной документации.

Пшеничный хлеб изготавливали опарным, безопарным, ускоренным способами, а также с помощью концентрированной молочной закваски (далее КМКЗ) [14, 16, 19]. Рецептура представлена в таблице 2.

Замес теста производили в тестомесильной машине марки URAN-20. Брожение теста вне зависимости от способа приготовления осуществлялось при $t = 35\text{ }^{\circ}\text{C}$. Окончание брожения определяли по органолептическим показателям и накоплению титруемой кислотности. Выброженное тесто делили на куски, формовали, расстойка производилась в расстойном шкафу SVEBA DAHLEN AB DCJ – 1 при температуре $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ и влажности 80 %. Выпекали в ротационной хлебопекарной печи марки SVEBA DAHLEN

с режимом пароувлажнения при температуре $210\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение 18 минут [8, 20]. КМКЗ выводили по схеме [6, 9], используя термостаты электрические суховоздушные марки ТС-1/80 СПУ.

Одним из показателей, характеризующих качество готового изделия, является интенсивность газообразования и газодержания в процессе брожения теста [11]. Реоферментометрические показатели теста представлены в таблице 3.

Исходя из данных таблицы, делаем вывод о том, что брожение у контрольного образца происходит интенсивнее, но коэффициент газодержания отличается незначительно.

График выделения диоксида углерода во время брожения представлен на рисунке 1 и является подтверждением данных таблицы 3.

Хлеб анализировали по физико-химическим показателям, результаты представлены в таблице 4.

Данные таблицы 4 показали, что опытный образец дрожжей не оказал существенного влияния

Таблица 4 – Физико-химические показатели качества готовых изделий

Table 4 – Physico-chemical indicators of the quality of finished products

Наименование показателя	Значение показателей качества							
	Опарный		Безопарный		Ускоренный		Ускоренный на КМКЗ	
	Контроль	Опыт	Контроль	Опыт	Контроль	Опыт	Контроль	Опыт
Кислотность, град.	1,6	1,6	1,4	1,6	1,4	1,6	2,0	2,4
Влажность, %	40,0	40,0	40,5	40,5	40,0	41,0	40,5	41,0
Пористость, %	82,0	–	80,0	80,0	78,0	77,0	76,0	76,0
Удельный объем, см ³ /г	3,10	1,72	3,07	2,91	2,75	2,69	3,03	2,91
Формоустойчивость (H:D)	0,53	0,31	0,42	0,50	0,53	0,48	0,53	0,44



Рисунок 2 – Органолептическая оценка качества хлеба, приготовленного опарным способом
Figure 2 – Organoleptic quality assessment of the bread prepared by the sponge dough method

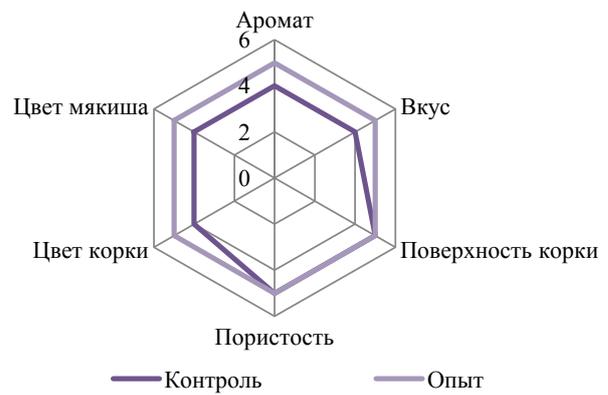


Рисунок 5 – Органолептическая оценка качества хлеба, приготовленного ускоренным способом на КМКЗ
Figure 5 – Organoleptic quality assessment of the bread prepared by the concentrated milk ferment method



Рисунок 3 – Органолептическая оценка качества хлеба, приготовленного безопарным способом
Figure 3 – Organoleptic quality assessment of the bread prepared by the straight dough method

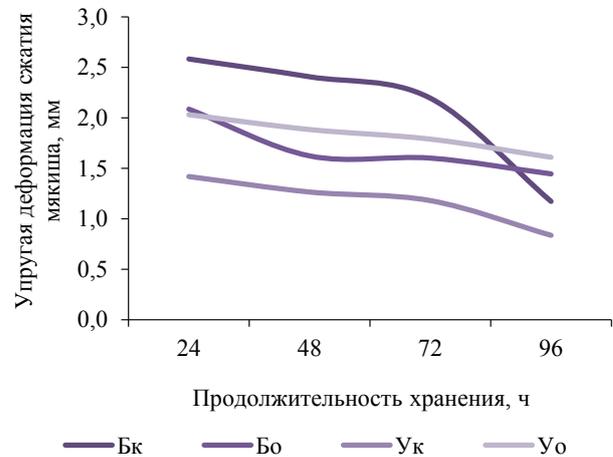


Рисунок 6 – Изменение упругой деформации сжатия мякиша в процессе хранения хлеба
Figure 6 – Changes in the elastic deformation of the crumb compression during storage

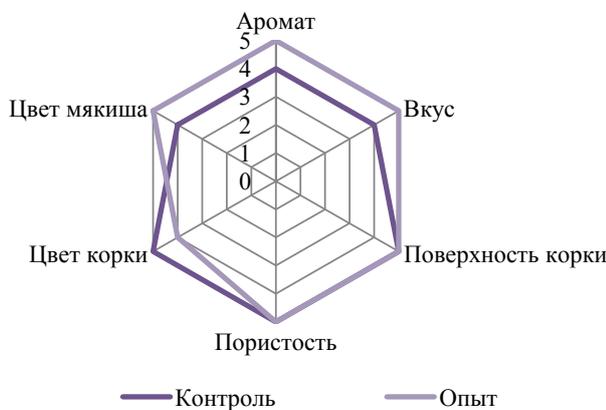


Рисунок 4 – Органолептическая оценка качества хлеба, приготовленного ускоренным способом
Figure 4 – Organoleptic quality assessment of the bread prepared by the quick dough method

на влажность, кислотность и пористость готовых изделий, но и не ухудшил эти показатели. Опытный образец дрожжей наравне с контрольным позволяет получать готовые изделия хорошего качества.

На рисунках 2, 3, 4, 5 представлены органолептические показатели качества готовых изделий.

При оценке показателей качества готовых изделий было получено, что опарный способ приготовления теста с опытными дрожжами нецелесообразен, изделия не соответствуют требованиям органолептических показателей: изделия неправильной формы, имеют очень темную корку и заминающийся мякиш. Дегустационная оценка показала [12], что хлеба, приготовленные на опытных образцах дрожжей безопарным, ускоренным и ускоренным на КМКЗ способами, превосходят по органолептическим показателям контрольные образцы: более выраженный аромат хлеба, цвет мякиша светлее, окраска корки интенсивнее. Особенно это отмечается у безопарного способа приготовления теста.

Изучили влияние нового штамма дрожжей на сохранение свежести хлеба при безопасном и ускоренном способах тестоведения. Изучение структурно-механических характеристик мякиша хлеба осуществляли с помощью структурометра СТ-2 после выпечки через 24, 48, 72, 96 часов. График зависимости упругой деформации сжатия мякиша от продолжительности хранения представлен на рисунке 6.

Упругая деформация сжатия на последний день выше у опытных образцов у безопасного на 23 %, у ускоренного на 60 %, чем у контроля. Это свидетельствует о том, что хлеб, приготовленный с использованием дрожжей нового штамма, дольше сохраняет свежесть. На 4 день у контрольных образцов появились признаки плесневения, а у опытных образцов не появились.

Выводы

В качестве способа тестоведения рекомендован безопасный способ тестоведения.

Сравнив полученные данные физико-химических показателей опытных образцов с требованиями ГОСТ 27842-88 «Хлеб из пшеничной муки. Технические условия (с Изменениями N1,2)»,

установлено, что результаты исследований физико-химических показателей хлеба с новым штаммом дрожжей при безопасном и ускоренном способах тестоведения не превышают допустимых значений: влажность мякиша не более 44 %; кислотность мякиша не более 3 %; пористость мякиша не менее 72 %.

Полученные образцы хлеба (с новым штаммом дрожжей) обладают характерной развитой структурой, светлым мякишем, ярко выраженным вкусом и ароматом.

Исследования показали, что новый штамм дрожжей Y 3194 можно применять в хлебопечении. Изучены хлебопекарные свойства опытного образца дрожжей, подобрана дозировка данных дрожжей, при которой готовые изделия имеют хорошие физико-химические и органолептические показатели.

Внедрение нового штамма дрожжей, используемого в пивоваренной промышленности, является нововведением в данной отрасли.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Давыденко, С. Г. Влияние штамма дрожжей Y-3194 на полноту вкуса и сладость пива / С. Г. Давыденко, Т. В. Меледина // RealBrew. – 2014. – № 1. – С. 18–20.
2. Soboleva, E. V. Use of a probiotic yeast strain in technology of bread from wheat flour / E. V. Soboleva, E. S. Sergacheva, G. V. Ternovskoy // International Academy of Refrigeration. – 2016. – Vol. 61, № 4. – P. 11–15. DOI: <https://doi.org/10.21047/1606-4313-2016-15-4-11-15>.
3. Новый штамм дрожжей для пивоварения: свойства и преимущества / С. Г. Давыденко, Б. Ф. Яровой, В. П. Степанова [и др.] // Генетика. – 2010. – Т. 46, № 11. – С. 1473–1484.
4. Пат. 2340666 Российская Федерация, МПК С12Н 1/18. Штамм дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* для применения в пивоваренной промышленности / Афонин Д. В., Баташов Б. Э., Богданова Е. В. [и др.]; заявитель и патентообладатель ООО «Пивоваренная компания Балтика»; заявл. 12.04.2007; опубл. 10.12.2008.
5. «Методика определения реоферментометрических характеристик теста на приборе RHEO – 3» – указания к использованию прибора; «Методика определения деформационных характеристик мякиша на приборе СТ-2» – указания к использованию прибора.
6. Шлеленко, Л. А. Особенности разработки технологий специализированных хлебобулочных изделий / Л. А. Шлеленко, О. Е. Тюрина, Е. В. Невская // Хлебопродукты. – 2014. – № 8. – С. 50–52.
7. Влияние повышения биотехнологических свойств хлебопекарных прессованных дрожжей на качество хлебобулочных изделий / Р. Еркинбаева, О. Козюкина, Н. Горюнова [и др.] // Хлебопродукты. – 2009. – № 9. – С. 52–53.
8. Аникеева, Н. В. Научное обоснование и разработка технологий хлебобулочных изделий функционального значения / Н. В. Аникеева // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2012. – Т. 87, № 1. – С. 77–81.
9. Современные подходы к выбору способа приготовления пшеничного теста / Т. Е. Лебедева, А. Я. Каминский, Г. П. Щелакова [и др.] // Пищевая наука и технология. – 2010. – № 1. – С. 46–52.
10. Левашов, Р. П. Исследование влияния добавки растительного происхождения на биотехнологические свойства дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* / Р. П. Левашов, З. Ш. Мингалеева // Вестник Казанского технологического университета. – 2015. – Т. 18, № 18. – С. 268–269.
11. Разработка технологии ржано-пшеничного хлеба функционального назначения для предприятий общественного питания / Л. П. Пашенко, Я. П. Коломникова, В. Л. Пашенко [и др.] // Хлебопродукты. – 2012. – № 12. – С. 59–61.
12. ТР ТС 021/2011. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции». – 2011.
13. Non-Conventional Yeast Strains Increase the Aroma Complexity of Bread / E. Aslankoohi, B. Herrera-Malaver, M. N. Rezaei [et al.] // PLoS ONE. – 2016. – Vol. 11, № 10. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0165126>.
14. Bread Dough and Baker's Yeast: An Uplifting Synergy / N. Struyf, E. Van der Maelen, S. Hemdane [et al.] // Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. – 2017. – Vol. 16, № 5. – P. 850–867. DOI: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12282>.

15. Dangi, A. K. Indian Strategies to Improve *Saccharomyces cerevisiae*: Technological Advancements and Evolutionary Engineering / A. K. Dangi, K. K. Dubey, P. Shukla // *Indian Journal of Microbiology*. – 2017. – Vol. 57, № 4. – P. 378–386. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12088-017-0679-8>.
16. Functional genomic analysis of commercial baker's yeast during initial stages of model dough-fermentation / F. Tanaka, A. Ando, T. Nakamura [et al.] // *Food Microbiology*. – 2006. – Vol. 23, № 8. – P. 717–728. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fm.2006.02.003>.
17. Heitmann, M. Impact of *Saccharomyces cerevisiae* metabolites produced during fermentation on bread quality parameters: A review / M. Heitmann, E. Zannini, E. K. Arendt // *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. – 2018. – Vol. 58, № 7. – P. 1152–1164. DOI: <https://doi.org/10.1080/10408398.2016.1244153>.
18. Salari, R. Investigation of the Best *Saccharomyces cerevisiae* Growth Condition / R. Salari, R. Salari // *Electronic Physician*. – 2017. – Vol. 9, № 1. – P. 3592–3597. DOI: <https://doi.org/10.19082/3592>.
19. Saranraj, P. Baker's Yeast: Historical Development, Genetic Characteristics, Biochemistry, Fermentation and Downstream Processing / P. Saranraj, P. Sivasakthivelan, K. Suganthi // *Journal of Academia and Industrial Research*. – 2017. – Vol. 6. – P. 111–119.
20. Takagi, H. Stress Tolerance of Baker's Yeast During Bread-Making Processes / H. Takashi, J. Shima // *Stress Biology of Yeasts and Fungi* / H. Takagi, H. Kitagaki. – Tokyo : Springer, 2015. – P. 23–42. DOI: https://doi.org/10.1007/978-4-431-55248-2_2.

References

1. Davydenko S.G. and Meledina T.V. Vliyaniye shtamma drozhzhey Y-3194 na polnotu vkusa i sladost' piva [The effect of yeast strain Y-3194 on the palate fullness and sweetness of beer]. *RealBrew*, 2014, no. 1, pp. 18–20. (In Russ.).
2. Soboleva E.V., Sergacheva E.S., and Ternovskoy G.V. Use of a probiotic yeast strain in technology of bread from wheat flour. *International Academy of Refrigeration*, 2016, vol. 61, no. 4, pp. 11–15. DOI: <https://doi.org/10.21047/1606-4313-2016-15-4-11-15>.
3. Davydenko S.G., Afonin D.V., Batashov B.E., et al. A new yeast strain for brewery: Properties and advantages. *Russian Journal of Genetics*, 2010, vol. 46, no. 11, pp. 1473–1484. (In Russ.).
4. Afonin D.V., Batashov B.Eh., Bogdanova E.V., Davydenko S.G., and Dedegkaev A.T. *Shtamm drozhzhey Saccharomyces cerevisiae dlya primeneniya v pivovarennoy promyshlennosti* [Yeast strain *Saccharomyces cerevisiae* in brewing industry]. Patent FR, no. 2340666, 2008.
5. «Metodika opredeleniya reofermentometricheskikh kharakteristik testa na pribore RHEO – 3» – ukazaniya k ispol'zovaniyu pribora; «Metodika opredeleniya deformatsionnykh kharakteristik myakisha na pribore ST-2» – ukazaniya k ispol'zovaniyu pribora [“Methods for determining the re-enzyme characteristics of dough with the help of RHEO – 3 equipment” - Manual; “Method for determining the deformation characteristics of the crumb with the help of ST-2 equipment” – Manual].
6. Shlilenko L.A., Tyurina O.E., and Nevskaya E.V. Features of technologies development of specialized bakery products. *Bread products*, 2014, no. 8, pp. 50–52. (In Russ.).
7. Erkinbaeva R., Kozyukina O., Goryunova N., and Movsarova Z. Vliyaniye povysheniya biotekhnologicheskikh svoystv khlebopekarnykh pressovannykh drozhzhey na kachestvo khlebobulochnykh izdeliy [The effect of improving the biotechnological properties of pressed bakery yeast on the quality of bakery products]. *Bread products*, 2009, no. 9, pp. 52–53. (In Russ.).
8. Anikeeva N.V. Nauchnoe obosnovanie i razrabotka tekhnologiy khlebobulochnykh izdeliy funktsional'nogo znacheniya [Scientific substantiation and development of functional bakery products]. *Bulletin of Altai State Agricultural University*, 2012, vol. 87, no. 1, pp. 77–81. (In Russ.).
9. Lebedenko T.E., Kaminskiy A.Ya., Shchelakova G.P., and Sokolova N.Yu. Sovremennyye podkhody k vyboru sposoba prigotovleniya pshenichnogo testa [Modern approaches to the choice of the wheat dough preparation method]. *Food Science and Technology*, 2010, no. 1, pp. 46–52. (In Russ.).
10. Levashov R.R. and Mingaleeva Z.Sh. Issledovanie vliyaniya dobavki rastitel'nogo proiskhozhdeniya na biotekhnologicheskyye svoystva drozhzhey *Saccharomyces cerevisiae* [The effect of herbal supplements on the biotechnological properties of *Saccharomyces cerevisiae* yeast]. *Herald of Kazan Technological University*, 2015, vol. 18, no. 18, pp. 268–269. (In Russ.).
11. Pashchenko L.P., Kolomnikova Ya.P., Pashchenko V.L., and Nikitin I.A. Development of rye white bread technology of a functional purpose for catering establishments. *Bread products*, 2012, no. 12, pp. 59–61. (In Russ.).
12. TR TS 021/2011. *Tekhnicheskyy reglament Tamozhennogo soyuza “O bezopasnosti pishchevoy produktsii”* [RP of the Customs Union 021/2011. Technical regulations of the Customs Union “On food safety”], 2011.
13. Aslankoochi E., Herrera-Malaver B., Rezaei M.N., et al. Non-Conventional Yeast Strains Increase the Aroma Complexity of Bread. *PLoS ONE*, 2016, vol. 11, no. 10. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0165126>.
14. Struyf N., Van der Maelen E., Hemdane S., et al. Bread Dough and Baker's Yeast: An Uplifting Synergy. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2017, vol. 16, no. 5, pp. 850–867. DOI: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12282>.
15. Dangi A.K., Dubey K.K., and Shukla P. Indian Strategies to Improve *Saccharomyces cerevisiae*: Technological Advancements and Evolutionary Engineering. *Indian Journal of Microbiology*, 2017, vol. 57, no. 4, pp. 378–386. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12088-017-0679-8>.
16. Tanaka F., Ando A., Nakamura T., Takagi H., and Shima J. Functional genomic analysis of commercial baker's yeast during initial stages of model dough-fermentation. *Food Microbiology*, 2006, vol. 23, no. 8, pp. 717–728. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fm.2006.02.003>

17. Heitmann M., Zannini E., and Arendt E.K. Impact of *Saccharomyces cerevisiae* metabolites produced during fermentation on bread quality parameters: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2018, vol. 58, no. 7, pp. 1152–1164. DOI: <https://doi.org/10.1080/10408398.2016.1244153>.
18. Salari R. and Salari R. Investigation of the Best *Saccharomyces cerevisiae* Growth Condition. *Electronic Physician*, 2017, vol. 9, no. 1, pp. 3592–3597. DOI: <https://doi.org/10.19082/3592>.
19. Saranraj P., Sivasakthivelan P., and Suganthi K. Baker's Yeast: Historical Development, Genetic Characteristics, Biochemistry, Fermentation and Downstream Processing. *Journal of Academia and Industrial Research*, 2017, vol. 6, pp. 111–119.
20. Takagi H. and Shima J. Stress Tolerance of Baker's Yeast During Bread-Making Processes. In: *Takagi H. and Kitagaki H. (eds) Stress Biology of Yeasts and Fungi*. Tokyo: Springer Publ., 2015, pp. 23–42. DOI: https://doi.org/10.1007/978-4-431-55248-2_2.

Меледина Татьяна Викторовна

д-р техн. наук, профессор факультета пищевых биотехнологий и инженерии, ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики», 197101, Россия, г. Санкт-Петербург, Кронверкский проспект, 49, тел.: +7 (812) 315-30-15, e-mail: tatiana.meledina@yandex.ru
 <https://orcid.org/0000-0001-7485-2802>

Давыденко Светлана Геннадьевна

канд. биол. наук, руководитель направления развития биотехнологических процессов, ООО «Пивоваренная компания Балтика», 194292, Россия, г. Санкт-Петербург, 6-й Верхний пер., 3, тел.: +7 (812) 323-97-62, e-mail: Davydenko@baltika.com
 <https://orcid.org/0000-0001-8005-4743>

Головинская Оксана Владимировна

канд. техн. наук, доцент факультета пищевых биотехнологий и инженерии, ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики», 197101, Россия, г. Санкт-Петербург, Кронверкский проспект, 49, тел.: +7 (812) 315-30-15, e-mail: oksana2187@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0001-8246-8990>

Шестопалова Ирина Анатольевна

канд. техн. наук, доцент факультета пищевых биотехнологий и инженерии, ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики», 197101, Россия, г. Санкт-Петербург, Кронверкский проспект, 49, тел.: +7 (812) 315-30-15, e-mail: irina_1_83@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-2027-205X>

Морозов Артём Александрович

Аспирант факультета пищевых биотехнологий и инженерии, ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики», 197101, Россия, г. Санкт-Петербург, Кронверкский проспект, 49, тел.: +7 (812) 315-30-15, e-mail: artemamor@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-5970-4606>

Tatiana V. Meledina

Dr.Sci.(Eng.), Professor of the Faculty of Food Biotechnology and Engineering, Saint Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics, 49, Kronverksky Ave., St. Petersburg, 197101, Russia, phone: +7 (812) 315-30-15, e-mail: tatiana.meledina@yandex.ru
 <https://orcid.org/0000-0001-7485-2802>

Svetlana G. Davydenko

Cand.Sci.(Biol.), Biotech Development and Research Manager, «Baltika Breweries» Part of Carlsberg Group, 3, 6 Verkhniy Ave., St. Petersburg, 194292, Russia, phone: +7 (812) 323-97-62, e-mail: Davydenko@baltika.com
 <https://orcid.org/0000-0001-8005-4743>

Oksana V. Golovinskaia

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Faculty of Food Biotechnology and Engineering, Saint Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics, 49, Kronverksky Ave., St. Petersburg, 197101, Russia, phone: +7 (812) 315-30-15, e-mail: oksana2187@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0001-8246-8990>

Irina A. Shestopalova

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Faculty of Food Biotechnology and Engineering, Saint Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics, 49, Kronverksky Ave., St. Petersburg, 197101, Russia, phone: +7 (812) 315-30-15, e-mail: irina_1_83@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-2027-205X>

Artyom A. Morozov

Postgraduate Student of the Faculty of Food Biotechnology and Engineering, Saint Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics, 49, Kronverksky Ave., St. Petersburg, 197101, Russia, phone: +7 (812) 315-30-15, e-mail: artemamor@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-5970-4606>

Совершенствование технологии посола ферментированных продуктов из мяса маралов

О. М. Мышалова*, Г. В. Гуринович, И. С. Патракова, С. А. Серегин

Дата поступления в редакцию: 20.10.2018
Дата принятия в печать: 28.12.2018

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

*e-mail: meat@kemsu.ru



© О. М. Мышалова, Г. В. Гуринович, И. С. Патракова, С. А. Серегин, 2018

Аннотация. В работе приведены результаты исследований по изучению влияния способов посола на физико-химические и биохимические свойства мяса маралов при изготовлении ферментированных продуктов. Посол мяса считается наиболее значимым процессом в формировании органолептических и качественных характеристик цельномышечных изделий из мяса. На основании данных изменения массовой доли влаги в продуктах изучено влияние сухого, мокрого и смешанного посолов на массообменные процессы в мясе маралов в зависимости от продолжительности ферментации. Установлены динамики изменений pH и водосвязывающей способности мяса при посоле. Выявлены различия в изменении коллоидно-химического состояния белковых веществ соленого мяса. Наилучшие результаты были достигнуты в образцах смешанного посола после кратковременного массажира. В результате такого воздействия изменяется степень гидратации и растворимости белков, улучшаются структурно-механические свойства. Установлено, что для изготовления ферментированных продуктов необходимо производить предварительную механическую обработку мяса в массажерах. Это позволяет размягчить сырье, ускорить перераспределение посолочных веществ в мясе и интенсифицировать биохимические процессы. Применение смешанного посола с нанесением на поверхность посолочной смеси, содержащей стартовые культуры микроорганизмов «Bitec LK-30», последующая выдержка мяса в условиях сухого посола при температуре 0–4 °С в течение 24 часов и в рассоле, приводит к изменению реологических свойств мяса и формированию нежной консистенции ферментированных продуктов. Предлагаемая технология посола мяса маралов повышает эффективность процессов ферментации мяса, обеспечивает повышение качества изготавливаемых продуктов и улучшение его органолептических свойств.

Ключевые слова. Мясо маралов, посол мяса, массажира, функционально-технологические свойства мяса, ферментированные мясопродукты

Для цитирования: Совершенствование технологии посола ферментированных продуктов из мяса маралов / О. М. Мышалова, Г. В. Гуринович, И. С. Патракова [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 4. – С. 66–72. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-4-66-72>.

Original article

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

Improving the Salting Technology for Fermented Maral Meat Products

O.M. Myshalova*, G.V. Gurinovich, I.S. Patrakova, S.A. Seregin

Received: October 20, 2018
Accepted: December 28, 2018

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

*e-mail: meat@kemsu.ru



© O.M. Myshalova, G.V. Gurinovich, I.S. Patrakova, S.A. Seregin, 2018

Abstract. The research features the effect of salting methods on the physical, chemical, and biochemical properties of maral (Siberian red deer) meat in the manufacture of fermented products. Meat salting is considered to be the most significant process in the formation of organoleptic and qualitative properties of whole muscle meat products. The authors measured the changes in the mass fraction of moisture in the products. After that they studied the effect of dry, wet, and mixed salting on mass transfer processes in the maral meat according to the fermentation period. The study revealed the dynamic pattern in pH and water-binding capacity of meat during salting, as well as the differences in the colloidal-chemical state of protein substances. The best results were achieved in mixed salting samples after short-term massaging. This method changed the degree of hydration and the solubility of proteins, which improved the structural and mechanical properties. The experiment showed that fermented products require preliminary mechanical processing of meat in massagers, which makes it possible to soften raw materials, accelerate the redistribution of saline substances in meat, and intensify biochemical processes. According to the present research, the best results were achieved by mixed salting when the salting mixture was applied to the meat surface. The mixture contained the starting cultures of microorganisms “Bitec LC-30”. The meat was aged under dry salting at 0–4 °C for 24 hours and then in the pickle. This changed the rheological properties of the

meat and resulted in a gentler consistency of the fermented products. The proposed technology of maral meat salting increases the efficiency of meat fermentation processes while improving the quality of manufactured products and their organoleptic properties.

Keywords. Maral meat, meat salting, massaging, functional and technological properties of meat, fermented meat products

For citation: Myshalova O.M., Gurinovich G.V., Patrakova I.S., and Seregin S.A. Improving the Salting Technology for Fermented Maral Meat Products. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2018, vol. 48, no. 4, pp. 66–72. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-4-66-72>.

Введение

Мясо алтайских маралов относится к биологически полноценному высококачественному пищевому продукту. Оно может служить ценнейшим источником полноценных белков животного происхождения. Замечательно и по витаминному и минеральному составам. Мясо марала характеризуется низким содержанием жира (от 0,6 до 2,8 %) при хорошо сбалансированном жирнокислотном составе, по содержанию белка сопоставимо с говядиной (от 20,0 до 22,4 %). Мясо алтайского марала превосходит другие виды мяса по содержанию полноценного белка, уступая идеальному белку только по содержанию метионина [1]. Мясо маралов характеризуется высоким соотношением полноценных белков к неполноценным, а по содержанию таких незаменимых аминокислот, как валин, изолейцин, лейцин, лизин, треонин, превосходит говядину, свинину и баранину [2–4]. Содержание условно незаменимой аминокислоты аргинина, выполняющей функции повышения иммунитета, стабилизации мышечного тонуса, ускорения метаболизма жира, в мясе маралов выше в 2 раза, чем в свинине, а в говядине – в 1,5 раза. Особую значимость при оценке качества мяса имеет характеристика его экологической безопасности, которая в современных условиях приобретает приоритетное значение. Из мяса можно вырабатывать разнообразные продукты, в том числе колбасные и штучные изделия. С целью сохранения полезных свойств мяса мякоть целесообразно направлять на изготовление ферментированных продуктов, подвергаемых воздействию умеренных и низких температур, к которым относятся сыровяленые и сырокопченые деликатесные изделия [5].

Технология производства сырокопченых и сыровяленых мясных продуктов, вырабатываемых из цельномышечного сырья, предусматривает проведение длительного посола мяса с целью формирования таких качественных характеристик готового продукта, как ярко выраженные ферментированный вкус, приятный мясной аромат, образование однородной монолитной структуры.

Посол мяса рассматривается как фильтрационно-диффузионный процесс накопления и перераспределения посолочных веществ, от количества которых зависит степень изменения свойств мяса. При любом способе посола массообмен между посолочными веществами и растворимыми частями мяса происходит в системе рассол – мясо. В зависимости от способа посола и

продолжительности процесса может происходить как обезвоживание, так и обводнение мяса [6].

Наряду с массообменными процессами при производстве ферментированных продуктов очень важно изменить коллоидно-химическое состояние белковых веществ, количественное содержание и качественный состав микроорганизмов [7].

В промышленности применяют различные модификации посола мяса, в основе которых лежат три классических способа: сухой (посол сухой посолочной смесью), мокрый (посол рассолом), смешанный (комбинирование сухого и мокрого посола).

В современных условиях посол изделий из мяса производится ускоренными способами, предусматривающими шприцевание сырья рассолами. Предлагаемая технология обеспечивает быстрое проникновение и равномерное распределение посолочных ингредиентов по толщине куска, получение продуктов с нежной консистенцией [5]. В то же время при изготовлении сырокопченых изделий введение дополнительной влаги в виде рассола нежелательно. Предпочтительно производить сухой посол, который имеет ряд недостатков: неравномерное просаливание по толщине изделия, менее выраженные органолептические характеристики, повышенная жесткость. Механическая обработка мясного сырья – массирование после шприцевания, позволяет несколько размягчить структуру мышечной ткани [6–9].

Происходящие во время длительного посола химические, ферментативные и микробиологические процессы, изменяют микроструктуру продукта, формируют вкус и аромат. Ускорение процессов структурных и биохимических изменений мясного сырья возможно за счет применения бактериальных культур [5, 8, 9].

При выборе подходящих стартовых культур учитывают степень их воздействия на мясное сырье, качество и безопасность готовой продукции, а именно: безопасное формирование цвета за счет денитрифицирующей способности, аминоксидазная активность, повышение стабильности ферментированных продуктов в процессе хранения, умеренная кислотообразующая способность, протеолитическая активность, коллагеназная активность, ароматообразующая способность [10, 11].

Принимая во внимание известные недостатки сухого посола и необходимость создания условий для ферментации сырья, целесообразно исследовать и разработать новые комбинированные способы посола мяса. При разработке новых способов посола

следует учитывать совокупность протекающих биохимических процессов, участвующих в формировании потребительских характеристик продукта.

Целью настоящих исследований послужила оценка влияния применяемых способов посола на физико-химические и биохимические свойства мяса маралов и обоснование его применения в производстве сырокопченых и сыровяленых цельномышечных продуктов.

Объекты и методы исследования

В качестве объектов исследований использовалось мясо, полученное от разделки тазобедренных отрубов полутуш маралов. Посол мясного сырья производили следующими способами:

- образец 1 – натирка посолочной смесью, выдержка в посоле (сухой посол);
- образец 2 – посол в рассоле (мокрый посол);
- образец 3 – натирка посолочной смесью выдержка 1 сутки, выдержка в рассоле (смешанный посол);
- образец 4 – предварительное массирование, натирка посолочной смесью, выдержка 1 сутки, выдержка в рассоле (смешанный посол с предварительным массированием).

Общая продолжительность посола при температуре 0–4 °С составляла 7 суток.

В состав посолочной смеси вносили солетолерантные стартовые культуры «Bites LK-30» фирмы «Gewurzmuller» (Германия), обладающие протеолитической активностью с ароматообразующим эффектом и мягкой кислотообразующей способностью [10].

При проведении экспериментальных исследований использованы методы определения следующих показателей:

- массовая доля влаги по ГОСТ 33319-2015;

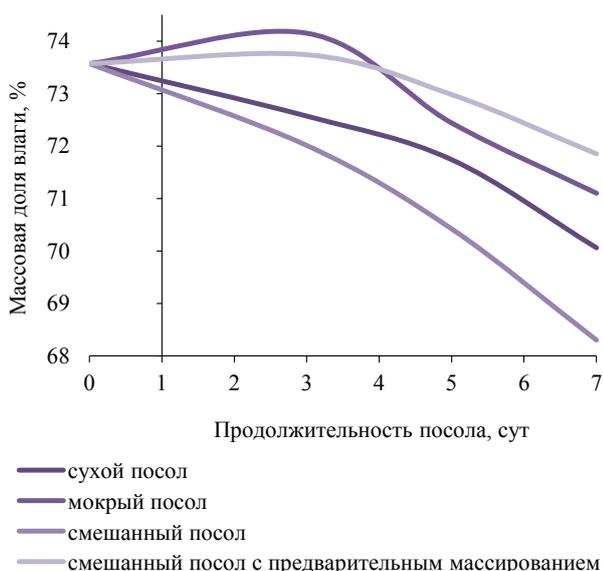


Рисунок 1 – Изменение массовой доли влаги мяса маралов при посоле

Figure 1 – The change in the moisture content of the mass of maral meat

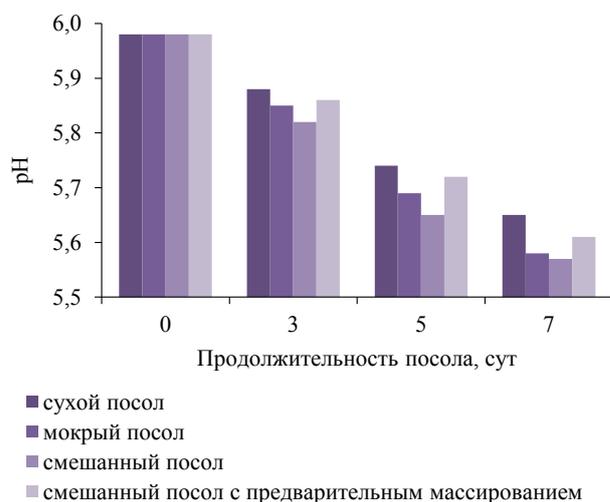


Рисунок 2 – Изменение pH мяса маралов при посоле

Figure 2 – Changes in the pH of maral meat

- pH мяса – потенциометрическим методом;
- водосвязывающая способность мяса методом центрифугирования;
- усилие резания на приборе конструкции Уорнера-Братцлера;
- растворимость мышечных белков – фотоэлектроколориметрическим методом с применением биуретового реактива после экстракции белков мышечной ткани раствором Вебера [12].

Результаты и их обсуждение

На рис. 1 представлены данные изменения массовой доли влаги мяса маралов в зависимости от способа и продолжительности посола при температуре 0–4 °С.

Выдержка мяса в посоле в течение 7 суток приводит к обезвоживанию сырья, вызываемому более высоким осмотическим давлением рассола, окружающего мясо, в сравнении с осмотическим давлением тканевой жидкости. В образцах сухого и смешанного посола степень обезвоживания была больше. Это связано с повышенной концентрацией соли на пограничном слое мяса, обработанного сухой посолочной смесью. Пониженное содержание массовой доли влаги в образцах смешанного посола, по сравнению с образцами сухого посола, свидетельствует о повышенном содержании хлорида натрия в соленом сырье. Массирование мяса маралов перед посолом позволило изменить проницаемость волокон, разрывая связи между ними, что обеспечивает ускорение накопления посолочных веществ на поверхности и перераспределения их в толще продукта. В связи с этим интенсивность перехода воды из продукта в рассол уменьшается на 1,76 % и 3,55 % по сравнению образцами сухого и смешанного способов посола.

Наряду с перераспределением воды между мясом и рассолом происходят процессы перераспределения воды между структурными элементами тканей. При этом возрастает доля

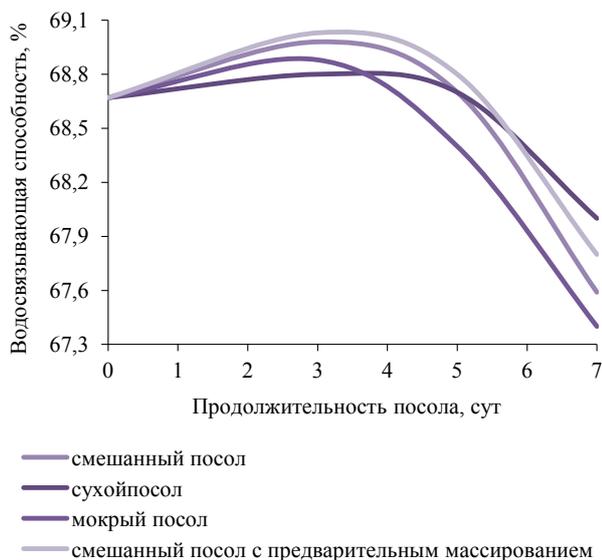


Рисунок 3 – Изменение ВСС мяса маралов при посоле
Figure 3 – The changes of water-binding capacity during salting

прочносвязанной воды и уменьшается количество слабосвязанной воды, находящейся в системе пор и капилляров. Водосвязывающая способность белков мяса зависит от их изоэлектрического состояния, а, следовательно, и рН.

Согласно представленным на рис. 2 результатам исследований по изменению рН мяса маралов при посоле уже на 3 сутки установлено снижение значений показателя во всех образцах. Это обусловлено накоплением органических кислот, как продуктов метаболизма, развивающихся в процессе длительного созревания микрофлоры.

Различия значений рН в образцах отмечаются после 72 часов выдержки, при этом образцы мокрого и смешанного посола имеют значения рН ниже на 0,04 и 0,08 единиц, чем образец, в технологии посола которого предусмотрено массирование. Проведение предварительного массирования способствует интенсификации взаимодействия миофибриллярных белков мяса с ионами хлора при посоле и блокировке положительно заряженных групп и, как следствие, незначительному повышению рН сырья. На пятые и седьмые сутки посола сохраняется подобная динамика изменения рН.

Несмотря на незначительное снижение рН, на третьи сутки посола в соленом мясе отмечается увеличение водосвязывающей способности (рис. 3), и в большей степени в образцах смешанного посола. Повышение водосвязывающей способности связано с эффектом просаливания, так как при повышении концентрации соли в продукте благодаря ее пептизирующему действию и взаимодействию ионов хлора с полярными группами белков изменяется доля кислых и щелочных полярных групп, а, следовательно, количество прочносвязанной воды [7, 16]. Образец, подвергнутый перед посолом механической обработке, на третьи сутки посола имел большее

значение ВСС, что обусловлено эффектом массирования. На пятые и седьмые сутки посола отмечается снижение водосвязывающей способности всех исследуемых образцов, что объясняется существенным снижением реакции среды. Образец, произведенный по способу мокрого посола, на седьмые сутки посола имел самые низкие значения водосвязывающей способности – ниже, чем в образцах сухого и смешанного посола на 2–2,5%.

Полученные результаты свидетельствуют, что с целью обеспечения достижения массовой доли влаги до рекомендуемых значений для сырокопченых изделий предпочтительно производить сухой или смешанный посол. Известно, что изделия после сухого посола из-за неравномерности просаливания имеют более низкие органолептические характеристики, отличаются жесткой консистенцией и менее выраженными вкусом и ароматом [5, 13, 20]. Принимая во внимание названные недостатки, для обоснования выбора способов посола были изучены реологические характеристики соленых образцов.

На рис. 4 представлены данные по влиянию применяемых способов посола на показатель усилие резания. Полученные данные свидетельствуют, что благодаря изменениям белковых и других составных частей мяса при посоле соленый продукт приобретает более нежную консистенцию. Наилучшие результаты были достигнуты в образцах смешанного посола (образец 3, образец 4), показатель усилие резание которых был ниже на 9 % и 18 %, по сравнению с изделиями сухого посола (образец 1), и на 16 % и 30 % по сравнению с изделиями мокрого посола (образец 2). Установлено, что массирование мяса перед посолом вследствие разрыхления структуры мышечной ткани и повышения внутренней

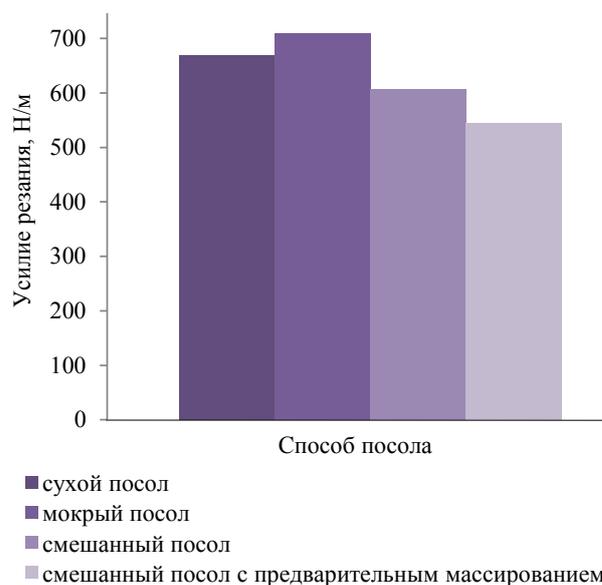


Рисунок 4 – Усилие резания соленого мяса
Figure 4 – The shearing strength of salted meat

Таблица 1 – Влияние способа посола на растворимость белков мяса маралов
Table 1 – Effect of the method of salting on the solubility of proteins in maral meat

Образец	Растворимость мышечных белков, % от исходного содержания
Мясо до посола	61,2
Образец 1	67,5
Образец 2	65,8
Образец 3	68,9
Образец 4	70,3

энергии ускоряет процесс перераспределения полосочных ингредиентов, приводит к изменению реологических свойств мяса и делает продукт более нежным.

При формировании консистенции необходимо достичь монолитности продукта, которая зависит от степени растворимости белков мышечной ткани.

Полученные данные по изучению степени растворимости белков (табл. 1) свидетельствуют, что способность к растворению белков в процессе посола увеличивается и в большей степени в образцах смешанного посола (образец 3 и образец 4).

Повышение степени растворимости белков мяса связано с пептизирующим действием пищевой поваренной соли, изменением коллоидно-химического состояния белковых веществ и состояния других компонентов мяса за счет количественного и качественного преобразования состава микроорганизмов и формирования новой микроструктуры продукта под действием тканевых и микробиальных ферментов.

Выводы

Анализируя данные по изучению изменения массовой доли влаги в продукте, pH и ВСС, усилия резания, растворимости белков мышечной ткани мяса маралов, можно говорить о том, что образцы, выработанные по технологии, предусматривающей предварительное массирование сырья перед посолом, имеют лучшие показатели.

Предварительное массирование мяса маралов перед посолом с последующим нанесением на поверхность кусков посолочной смеси, содержащей стартовые культуры микроорганизмов «Bites LK-30», и выдержка мяса в условиях сухого посола при температуре 0–4 °С в течение 24 часов способствует ускоренному просаливанию. Массирование обеспечивает размягчение сырья, дополнительно создаются условия, необходимые для активизации собственных ферментов мяса.

Таким образом, проведенные исследования доказали положительное влияние предварительной механической обработки мяса маралов перед посолом и применение стартовых культур микроорганизмов на функционально-технологические свойства мяса маралов при посоле сырья для сырокопченых изделий и обеспечение эффективности процесса ферментации с целью получения продуктов высокого качества. Этот способ посола может быть рекомендован в технологии производства сырокопченых и сыровяленых изделий из мяса маралов.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

- Луницын, В. Г. Пантовое оленеводство России / В. Г. Луницын, Н. П. Борисов. – Барнаул : АЗБУКА, 2012. – 1000 с.
- Охременко, В. А. Нормативные показатели мясной продуктивности и качества мяса представителей семейства оленевых Алтайского края и Республики Алтай / В. А. Охременко. – Барнаул : Азбука, 2006. – 35 с.
- Каймбаева, Л. А. Применение биохимических и физических воздействий при посоле мяса маралов / Л. А. Каймбаева, Я. М. Узакон // Мясная индустрия. – 2014. – № 2. – С. 52–54.
- Study of morphology, chemical, and amino acid composition of red deer meat / E. Okuskhanova, B. Assenova, M. Rebezov [et al.] // Veterinary World. – 2017. – Vol. 10, № 6. – P. 623–629. DOI: <https://doi.org/10.14202/vetworld.2017.623-629>.
- Осипова, М. О. Изучение биохимических процессов при посоле и созревании мяса маралов / М. О. Осипова, О. М. Мышалова // Техника и технология пищевых производств. – 2013. – Т. 30, № 3. – С. 49–52.
- Нестеренко, А. А. Посол мяса и мясopодуктов / А. А. Нестеренко, А. С. Каяцкая // Вестник НГИЭИ. – 2012. – Т. 15, № 8. – С. 46–54.
- Кудряшов, Л. С. Теория и практика интенсификации посола мяса / Л. С. Кудряшов // Вестник Марийского государственного университета. – 2009. – № 4. – С. 129–132.
- Пат. 2207021 Российская Федерация, МПК ⁷ А 23 L 1/314, А 23 L 1/318, А 23 В 4/044. Говядина сырокопченая «Клинская» и способ ее производства / Гуета В. С., Селиванов Н. П.; опубл. 2003.
- Пат. 2207021С1 Российская Федерация, МПК ⁷ А 23 L 1/314, А 23 L 1/318. Способ производства сырокопченого цельномышечного продукта из говядины и свинины сервировочной нарезки в упаковке преимущественно говядины, окорока, корейка, грудинка бескостная, шейка, балыка и сырокопченые говядина, окорок, корейки, грудинки бескостной, шейки, балык сервировочной нарезки в упаковке, полученные по этому способу / Гуета В. С., Селиванов Н. П. – № 2002115727/13; заявл. 13.06.2002; опубл. 27.06.2003. – 12 с.
- Hertel, C. Verkürzter Reifeprozess / C. Hertel // Ernährungsindustrie. – 2012. – № 5. – P. 44–45.
- Лаутеншлегер, Р. Немецкие технологии сырокопченых и сыровяленых изделий с предварительным посолом мяса / Р. Лаутеншлегер // Мясная индустрия. – 2012. – № 11. – С. 22–26.

12. Xiong, Y. L. Muscle proteins / Y. L. Xiong // *Proteins in Food Processing (Second Edition)* / R. Y. Yada. – Woodhead Publishing, 2018. – P. 127–148. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100722-8.00006-1>.
13. Lim, H. J. Effects of preblending of salt, phosphate, and bicarbonate marinade solutions on the quality properties of pork loin / H. J. Lim, H. S. Yang // *Journal of Agriculture & Life Science*. – 2014. – Vol. 48, № 1. – P. 139–147. DOI: <https://doi.org/10.14397/jals.2014.48.1.139>.
14. Сравнительный анализ биологической ценности, функционально-технологических и структурно-механических показателей мяса маралов и говядины [Электронный ресурс] / Л. А. Каймбаева, Я. М. Узаков, А. М. Таев [и др.]. – Режим доступа: <https://ru.essays.club/Естественные-науки/Сельское-хозяйство/-1773.html>. Дата обращения: 20.09.2018.
15. Мелешкина, Л. Е. Перспективы использования мяса марала при производстве кулинарных изделий антиканцерогенного назначения / Л. Е. Мелешкина // *Ползуновский вестник*. – 2013. – № 4–4. – С. 173–177.
16. Lee, H. J. Effects of various kinds of salt on the quality and storage characteristics of tteokgalbi / H. J. Lee, J. J. Lee // *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*. – 2014. – Vol. 34, № 5. – P. 604–613. DOI: <https://doi.org/10.5851/kosfa.2014.34.5.604>.
17. Каймбаева, Л. А. Научно-практические аспекты комплексной переработки и оценка качества мяса и продуктов убоя маралов: дис. ... д-ра техн. наук: 05.18.04 / Каймбаева Лейла Амангельдиновна. – Улан-Удэ, 2014. – 318 с.
18. Макро- и микроэлементный состав мяса марала / Э. К. Оксуханова, Б. К. Асенова, С. Т. Дюсембаев [и др.] // *Молодой ученый*. – 2014. – № 11. – С. 90–93.
19. Physicochemical and microbiological parameters of dried salted pork meat with different sodium chloride levels / V. C. S. Ferreira, T. D. D. Martins, E. S. Batista [et al.] // *Food Science and Technology*. – 2013. – Vol. 33, № 2. – P. 382–386. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-20612013005000055>.
20. Effects of Various Salts on Physicochemical Properties and Sensory Characteristics of Cured Meat / Y.-S. Choi, T.-J. Jeong, K.-E. Hwang [et al.] // *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*. – 2016. – Vol. 36, № 2. – P. 152–158. DOI: <https://doi.org/10.5851/kosfa.2016.36.2.152>.

References

1. Lunitsyn V.G. and Borisov N.P. *Pantovoe olenevodstvo Rossii* [Antler reindeer breeding in Russia]. Barnaul: AZBUKA Publ., 2012. 1000 p. (In Russ.).
2. Okhremenko V.A. *Normativnye pokazateli myasnoy produktivnosti i kachestva myasa predstaviteley semeystva oleneykh Altayskogo kraya i Respubliki Altay* [Regulatory indicators of meat productivity and meat quality of representatives of the reindeer family of the Altai Territory and the Altai Republic]. Barnaul: AZBUKA Publ., 2006. 35 p. (In Russ.).
3. Kaimbaeva L.A. and Uzakov Ya.M. Use of biochemical and physical effects when salting maral meat. *Meat Industry*, 2014, no. 2, pp. 52–54. (In Russ.).
4. Okuskhanova E., Assenova B., Rebezov M., et al. Study of morphology, chemical, and amino acid composition of red deer meat. *Veterinary World*, 2017, vol. 10, no. 6, pp. 623–629. DOI: <https://doi.org/10.14202/vetworld.2017.623-629>.
5. Osipova M.O. and Myshalova O.M. Study of biochemical processes during salting and maturation of maral meat. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2013, vol. 30, no. 3, pp. 49–52. (In Russ.).
6. Nesterenko A.A. and Kayatskaya A.S. Pickles of meat and meat products. *Bulletin NGII*, 2012, vol. 15, no. 8, pp. 46–54. (In Russ.).
7. Kudryashov L.S. Teoriya i praktika intensivatsii posola myasa [Theory and practice of the intensification of meat salting]. *Vestnik of the Mari State University*, 2009, no. 4, pp. 129–132. (In Russ.).
8. Gueta V.S. and Selivanov N.P. *Govyadina syropkopenaya "Klinskaya" i sposob ee proizvodstva* [Raw smoked beef "Klinskaya" and the method of its production]. Patent RF, no. 2207021, 2003.
9. Gueta V.S. and Selivanov N.P. *Uncooked smoked whole muscle product from beef or pork of service cutting in package, in particular, beef, ham, breast of pork, boneless breast, neck, cured fillet, and method for producing the same*. Patent RF, no. 2207021C1, 2003.
10. Hertel C. Verkurtzter Reifeprozess. *Ernahrungsindustrie*, 2012, no. 5, pp. 44–45.
11. Lautenschleger R. German technologies of smoked and uncooked jerked meat products with preliminary meat salting. *Meat Industry*, 2012, no. 11, pp. 22–26. (In Russ.).
12. Xiong Y.L. Muscle proteins. In: *Yada R.Y. (eds) Proteins in Food Processing (Second Edition)*. Woodhead Publ., 2018, pp. 127–148. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100722-8.00006-1>
13. Lim H.J. and Yang H.S. Effects of preblending of salt, phosphate, and bicarbonate marinade solutions on the quality properties of pork loin. *Journal of Agriculture & Life Science*, 2014, vol. 48, no. 1, pp. 139–147. DOI: <https://doi.org/10.14397/jals.2014.48.1.139>.
14. Kaimbaeva L.A., Uzakov Ya.M., Taev A.M., and Malysheva E.S. *Sravnitel'nyy analiz biologicheskoy tsennosti, funktsional'no-tekhnologicheskikh i strukturno-mekhanicheskikh pokazateley myasa maralov i govyadiny* [Comparative analysis of biological value, functional-technological, and structural-mechanical indicators of maral meat and beef]. Available at: <https://ru.essays.club/Естественные-науки/Сельское-хозяйство/-1773.html>. (accessed 20 September 2018).
15. Meleshkina L. Prospects of use of meat of deer in production of food products anticarcinogenic destination. *Polzunovskiy vestnik*, 2013, no. 4–4, pp. 173–177. (In Russ.).
16. Lee H.J. and Lee J.J. Effects of various kinds of salt on the quality and storage characteristics of tteokgalbi. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 2014, vol. 34, no. 5, pp. 604–613. DOI: <https://doi.org/10.5851/kosfa.2014.34.5.604>.

17. Kaymbaeva L.A. *Nauchno-prakticheskie aspekty kompleksnoy pererabotki i otsenka kachestva myasa i produktov uboia maralov. Diss. dokt. tekhn. nauk* [Scientifically-practical aspects of complex processing and quality assessment of maral meat. Dr. eng. sci. diss.]. Ulan-Udeh, 2014. 318 p.
18. Okuskhanova Eh.K., Asenova B.K., Dyusembaev S.T., Esimbekov Zh. S., and Rebezov M.B. Makro- i mikroelementnyy sostav myasa marala [The macro- and microelement composition of maral meat]. *Molodoy uchenyy* [Young scientist], 2014, no. 11, pp. 90–93. (In Russ.).
19. Ferreira V.C.S., Martins T.D.D., Batista E.S., et al. Physicochemical and microbiological parameters of dried salted pork meat with different sodium chloride levels. *Food Science and Technology*, 2013, vol. 33, no. 2, pp. 382–386. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-20612013005000055>.
20. Choi Y.-S., Jeong T.-J., Hwang K.-E., et al. Effects of Various Salts on Physicochemical Properties and Sensory Characteristics of Cured Meat. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 2016, vol. 36, no. 2, pp. 152–158. DOI: <https://doi.org/10.5851/kosfa.2016.36.2.152>.

Мышалова Ольга Михайловна

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

<https://orcid.org/0000-0002-8664-9657>

Гуринович Галина Васильевна

д-р техн. наук, профессор, заведующая кафедрой технологии продуктов питания животного происхождения, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (3842) 39-68-57, e-mail: ggv55@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0001-7869-4151>

Патракова Ирина Сергеевна

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

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

Серегин Сергей Александрович

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

<https://orcid.org/0000-0003-3070-7755>

Olga M. Myshalova

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

<https://orcid.org/0000-0002-8664-9657>

Galina V. Gurinovich

Dr.Sci.(Eng.), Professor, Head of the Department of Food Products of Animal Origin Technology, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-57, e-mail: ggv55@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0001-7869-4151>

Irina S. Patrakova

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

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

Sergey A. Seregin

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

<https://orcid.org/0000-0003-3070-7755>

Разработка и исследование влияния биоразлагаемых пленок на показатели свежести мясных полуфабрикатов

А. А. Ногина^{id}, С. Л. Тихонов*^{id}, Н. В. Тихонова^{id}

Дата поступления в редакцию: 09.11.2018
Дата принятия в печать: 28.12.2018

ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет»,
620144, Россия, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта, 62,

*e-mail: tikhonov75@bk.ru



© А. А. Ногина, С. Л. Тихонов, Н. В. Тихонова, 2018

Аннотация. Перспективным направлением увеличения срока годности мясопродуктов является применение барьерных технологий хранения, а именно упаковка в пищевые пленки. Разработана съедобная пищевая пленка антиоксидантной, антибактериальной направленности и проведена оценка ее эффективности при хранении мясных полуфабрикатов. В базовой рецептуре пленки использованы доступные для производства в промышленных условиях пищевые вещества: структурообразователь полисахаридной природы – агар-агар, загуститель, стабилизатор и антиоксидант – арабиногалактан, пластификатор – пищевой глицерин, универсальный растворитель – дистиллированная вода. Производство пищевой пленки осуществляли экструзионным способом с использованием следующих технологических этапов: дозирование сыпучих компонентов и дистиллированной воды; приготовление суспендированной смеси агар-агара и арабиногалактана; приготовление плёнообразующей смеси; выдувание плёнки через узко щелевую головку экструдера; охлаждение, калибровка, сушка плёнки. Установлено, что пленки, в зависимости от концентрации базовых рецептурных компонентов, имели различную толщину: от 28,5 до 54,0 мкм. Наибольшая толщина пленки (54 мкм) отмечена у образца с максимальным содержанием агара (2 %). Увеличение концентрации арабиногалактана в пленочном растворе в меньшей степени способствует утолщению пленки (47,1 мкм). Повышение содержания глицерина в рецептуре пленки до 2 % позволяет получить пленку с минимальной толщиной (28,5 мкм). С увеличением концентрации агара повышается прочность при растяжении до 36,2 МПа и относительное удлинение при разрыве до 29,2 %. Но с увеличением содержания глицерина эти показатели ухудшаются до 25,3 МПа (на 24,6 %). Высокие структурно-механические свойства пленки и высокая степень разложения отмечены у образца пленки с содержанием в рецептуре 2 % агар-агара. В качестве antimicrobial компонента в пленку введен жидкий экстракт цветков ромашки. На основании проведенных органолептических, физико-химических и микробиологических исследований упаковка мясных полуфабрикатов в биоразлагаемую пленку способствует увеличению их срока годности.

Ключевые слова. Биоразлагаемые пленки, агар, арабиногалактан, срок годности, мясные полуфабрикаты

Для цитирования: Ногина, А. А. Разработка и исследование влияния биоразлагаемых пленок на показатели свежести мясных полуфабрикатов / А. А. Ногина, С. Л. Тихонов, Н. В. Тихонова // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 4. – С. 73–78. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-4-73-78>.

Original article

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

The Influence of Biodegradable Food Films on Freshness Indices of Semi-Finished Meat Products

A.A. Nogina^{id}, S.L. Tikhonov*^{id}, N.V. Tikhonova^{id}

Received: November 09, 2018
Accepted: December 28, 2018

Ural State University of Economic,
62, 8 March Str., Ekaterinburg, 620144, Russia

*e-mail: tikhonov75@bk.ru



© A.A. Nogina, S.L. Tikhonov, N.V. Tikhonova, 2018

Abstract. Barrier storage technologies are a promising means of increasing the shelf life of meat products, in particular, food wrap. The authors developed an edible food film with antioxidant and antibacterial properties and tested its efficiency in storage of semi-finished meat products. The formula includes nutrients available for industrial production: structure-forming polysaccharide nature-agar-agar, thickener, stabilizer, antioxidant-arabinogalactan, plasticizer-food glycerin, and universal solvent-distilled water. The food film was produced by extrusion dosing of bulk components and distilled water. Then suspended mixture of agar-agar and arabinogalactan was prepared, followed by preparation of film-forming mixture. The film was blown through a narrow slit head of the extruder; after that it was cooled, calibrated, and dried. The films appeared to have a thickness that varied from 28.5 to 54.0 microns, depending on the concentration of the basic prescription components. The thickest film (54 µm) was observed in the

sample with the maximum agar content (2%); an increase in the concentration of arabinogalactan in the film solution contributes to the film thickening to a lesser extent (47.1 μm). An increase in the glycerol content of the film formulation to 2% allowed the authors to obtain a film with a minimum thickness (28.5 microns). An increase in agar concentration raises the tensile strength to 36.2 MPa and elongation at break to 29.2%. However, with an increase in glycerol content, these indicators deteriorate to 25.3 MPa (24.6%). High structural and mechanical properties of the film and a high degree of decomposition were observed in the film sample with 2% agar-agar content. As an antimicrobial component, a liquid extract of chamomile flowers was introduced into the film. On the basis of the conducted organoleptic, physico-chemical, and microbiological studies, packaging of semi-finished meat products in a biodegradable film helps to increase their shelf life.

Keywords. Biodegradable films, agar, arabinogalactan, shelf life, meat semi-finished products

For citation: Nogina A.A., Tikhonov S.L., and Tikhonova N.V. The Influence of Biodegradable Food Films on Freshness Indices of Semi-Finished Meat Products. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2018, vol. 48, no. 4, pp. 73–78. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-4-73-78>.

Введение

Одним из перспективных направлений увеличения срока годности мясопродуктов является применение барьерных технологий хранения, а именно упаковка в пищевые пленки. Целесообразность использования биополимерных пищевых плёнок при хранении мясных полуфабрикатов обусловлена тем, что в их рецептурном составе отсутствуют аллергены и токсичные вещества. Пленки обладают бактерицидным действием и защищают пищевой продукт от внешних загрязнителей.

Для производства плёнок используют полисахариды (крахмалы, эфиры целлюлозы, хитозан, декстрины, альгинаты, каррагинаны, пектины, камеди) [1–5], белки (коллаген, желатин, глютен, соевые изоляты, казеин), липиды (воски) и другие пищевые вещества [4].

Съедобные плёнки классифицируют в зависимости от химических свойств, растворимости в воде и органических растворителях. Пленки на основе полисахаридов и белков являются гидрофильными. Это позволяет вводить в их состав водорастворимые компоненты различной функциональной направленности (антибактериальные и антиоксидантные) и делать их проницаемыми при соприкосновениях с парами воды. Липидные плёнки – гидрофобны. Они обладают хорошими барьерными свойствами по отношению к влаге и являются механически прочными [5]. Для получения прочных и термостабильных плёнок используют пластификаторы (глицерин, пропиленгликоль, сорбитол, сахароза и др.), эмульгаторы (лецитин и др.) и сшивающие агенты [8–10].

В качестве добавок активного действия применяют различные биологически активные вещества: антиоксиданты, противомикробные соединения, пробиотические препараты и др.

По пищевой ценности съедобные плёнки делятся на усвояемые и неусвояемые. Усвояемые пищевые вещества интегрируются в процессы метаболизма организма человека в виде питательных веществ и энергии. Неусвояемые – безвредные соединения, не несущие пищевой ценности, которые выводятся из организма [11]. В основе усвояемых плёнок лежат углеводы, белки и жиры; в неусвояемых – синтетические и природные камеди, производные

целлюлозы, природные воски различного происхождения (минеральные, растительные и др.).

Сущность производства пленок заключается в формировании растворов съедобных пленок в жидкостях различного композиционного состава – воде, этиловом спирте, водно-спиртовых растворах [12]. Выделяют два способа формирования съедобных плёнок – непрерывный («сухой» метод) и прерывающийся («мокрый» метод). При непрерывном методе раствор распределяется через фильеру (металлическую пластину, с прорезанным в ней отверстием особой формы) по постоянно движущейся ленте или же барабанной установке, после чего высушивается. При прерывающемся способе раствор отливается в специальные осадительные ванны, затем проводится вытяжка и сушка. На выбор конструкции фильеры влияет вязкость раствора и желаемая толщина получаемой плёнки. Пленочный раствор на фильере подается под давлением или самотёком. Р. J. Fryer и С. Versteeg утверждают, что механические свойства пищевых пленок можно улучшить путем производства их на установках, подающих формирующие растворы под давлением в щелевые фильеры [11].

Альтернативой фильерному методу формирования является экструзионный.

При производстве плёнок необходимо контролировать следующие характеристики формовочных растворов [14]:

- гомогенность;
- вязкость;
- поверхностное натяжение на границе фаз (раствор – воздух).

Имеет большое значение на этапе снятия готовой плёнки с подложки соотношение между поверхностным натяжением раствора и поверхности, на которую наносится состав (подложка).

Целью работы является разработка съедобной пищевой пленки антиоксидантной, антибактериальной направленности и оценка ее эффективности при хранении мясных полуфабрикатов.

Объекты и методы исследования

– пленки пищевые съедобные с использованием в рецептуре следующих компонентов: агар-агар

(ГОСТ 16280-2002 «Агар пищевой. Технические условия»), пищевой глицерин (ГОСТ 6824-96 «Глицерин дистиллированный. Общие технические условия»), вода дистиллированная (ГОСТ 6709-72 «Вода дистиллированная. Технические условия»), арабиногалактан (Е409), экстракт ромашки.
– охлажденный мясной полуфабрикат категории А кусковой бескостный (ГОСТ 32951-2014 «Полуфабрикаты мясные и мясосодержащие. Общие технические условия»).

Оценку качества пленок проводили по органолептическим и физико-химическим показателям (химическая стойкость), структурно-механическим свойствам (толщина, плотность, степень водопоглощения).

Для измерения толщины и плотности пленок использовали микрометр МК 50-1 и метод прямого измерения. Осуществляли 10 параллельных измерений на 3 различных участках пленки, затем рассчитывали среднее значение.

Степень водопоглощения определяли по ГОСТ 4650-80.

Химическую стойкость – путём вырезания квадратов размером 10 x 10 мм, помещением в химические среды и определением времени разложения образца.

При проведении исследований использовали общепринятые, стандартные и оригинальные методы органолептического, физико-химического и микробиологического анализа.

Органолептические показатели – по ГОСТ 9959-2015 «Мясо и мясные продукты. Общие условия проведения органолептической оценки» и ГОСТ 7269-2015 «Мясо. Методы отбора образцов и органолептические методы определения свежести». Физико-химические показатели – по ГОСТ Р 54346-2011 «Мясо и мясные продукты. Метод определения перекисного числа» и ГОСТ Р 55480-2013 «Мясо и мясные продукты. Метод определения кислотного числа». Микробиологические показатели – с помощью автоматического счетчика колоний Scan 300.

Результаты и их обсуждение

Разработана пищевая пленка на основе полисахаридов в рецептурном составе которой использованы доступные для производства в промышленных условиях пищевые вещества: структурообразователь полисахаридной природы – агар-агар, загуститель, стабилизатор и

антиоксидант – арабиногалактан, пластификатор – пищевой глицерин, универсальный растворитель – дистиллированная вода. Все компоненты рецептуры являются гидроколлоидами (агар-агар, арабиногалактан), полностью растворимы в воде и применяются для повышения вязкости непрерывной фазы (водной фазы) в качестве гелеобразующего агента, загустителя, а также эмульгатора. Это объясняется их стабилизирующим действием на эмульсии, полученные от увеличения вязкости водной фазы съедобной пленки.

Нами впервые в рецептуру пленочных растворов введен арабиногалактан, так как он способствует стабилизации водно-жировой эмульсии, улучшает пластичность и обладает антиоксидантными свойствами.

Полисахаридные плёнки, ввиду состава полимерной цепи рецептурных компонентов, имеют высокую газопроницаемость, способствуют образованию желаемой модифицированной газовой среды и их можно рекомендовать при хранении продуктов в анаэробных условиях. Но вместе с тем дополнительная упаковка мясных полуфабрикатов в вакуум позволит увеличить их срок годности. Кроме того, полисахаридные пленки могут быть использованы для увеличения срока годности охлажденного мяса путем предотвращения обезвоживания и оксидативной прогорклости.

В таблице 1 представлена базовая рецептура растворов для пленки.

Производство пищевой пленки осуществляли экструзионным способом со следующими технологическими стадиями: дозирование сыпучих компонентов и дистиллированной воды; приготовление суспендированной смеси агар-агара и арабиногалактана; приготовление плёнкообразующей смеси; выдувание плёнки через узко щелевую головку экструдера; охлаждение, калибровка, сушка плёнки.

Образцы пленки № 1 и 2 характеризовались равномерной толщиной, хорошей эластичностью и имели прозрачный цвет. Образец пленки № 3 отличался низкой гибкостью, эластичностью и более плотной консистенцией.

В таблице 2 представлены структурно-механические характеристики разработанных плёнок.

Из данных таблицы 2 следует, что пленки, в зависимости от концентрации базовых

Таблица 1 – Базовая рецептура растворов для пленки

Table 1 – The basic solution formula for the film

Наименование ингредиента, %	Номер образца		
	1	2	3
Агар-агар	2	1	1
Глицерин	1	1	2
Арабиногалактан	1	2	1
Дистиллированная вода	96	96	96

Таблица 2 – Структурно-механические характеристики разработанных плёнок

Table 2 – Structural and mechanical characteristics of the films

№	Толщина, мкм	Прочность при растяжении, МПа	Относительное удлинение при разрыве, %
1	54,0 ± 1,2	36,2 ± 2,3	29,8 ± 1,2
2	47,1 ± 2,0	28,3 ± 2,6	27,7 ± 1,9
3	28,5 ± 0,7	25,3 ± 1,4	24,6 ± 1,9

Таблица 3 – Устойчивость плёнок к химическим средам
Table 3 – Chemical resistance of the films

№	Время распада образца		
	HCl конц., (мин)	КОН, 2,0 М	NaOH, 0,1 М
1	23	Наблюдалось набухание	Распад не
2	23	полимерных	происходил
3	37	частиц, растворение не наступало	

рецептурных компонентов, имели различную толщину от 28,5 до 54,0 мкм. Толщина плёнки является важной характеристикой при определении целесообразности её использования в качестве упаковочного материала для пищевых продуктов, ввиду её влияния на прочность, растяжение, удлинение и проницаемость. Толщина пленок зависит как от ингредиентного состава пленки, так и от параметров формовки и сушки. Наибольшая толщина пленки (54 мкм) отмечена у первого образца с максимальным содержанием агара (2 %). Это связано с его высокой гелеобразующей способностью в процессе нагревания. В результате исследований установлено, что увеличение концентрации арабиногалактана в пленочном растворе в меньшей степени способствует утолщению пленки (47,1 мкм). Повышение содержания глицерина в рецептуре пленки до 2 % (образец 3) позволяет получить пленку с минимальной толщиной (28,5 мкм).

Из данных таблицы 2 следует, что с увеличением концентрации агара повышается прочность при растяжении до 36,2 МПа и относительное удлинение при разрыве до 29,2 %. Но с увеличением содержания глицерина эти показатели ухудшаются до 25,3 МПа и на 24,6 %.

Таким образом, высокие структурно-механические свойства пленки отмечены у первого образца, прочность при растяжении и удлинение при разрыве в сравнении со вторым образцом больше на 27,9 и 7,6 %, с третьим образцом на 43,1 и 21,1 %.

В ходе работы была исследована устойчивость образцов плёнок к агрессивным химическим средам (кислой и щелочной). В качестве кислой среды использована соляная кислота (HCl). Щелочная среда была представлена двумя соединениями – гидроксидом калия (KOH) и натрия (NaOH).

Результаты исследований по химической устойчивости плёнки изготовленных образцов представлены в таблице 3.

В результате исследований установлено, что время деструкции образца пленки № 3 в концентрированной соляной кислоте составляет 37 минут, что больше на 60,9 % времени растворения образцов пленки № 1 и 2.

Одной из важнейших характеристик разработанных пленок является способность к биодegradации (биоразложению). Результаты исследований представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Степень биодegradации (биоразложения) пленки

Table 4 – The degree of biodegradation of the film

№	Потеря массы деградированных образцов пленок, %		
	3 суток	7 суток	14 суток
1	53,0	58,3	60,5
2	53,5	58,4	60,3
3	53,1	58,0	60,2

В результате исследований установлено, что в процессе хранения пленки отмечается снижение ее массы, что свидетельствует о биоразлагаемости.

Основополагающим критерием отбора пленочных образцов являются прочность при растяжении и относительное удлинение при разрыве плёнок, поскольку они обосновывают целесообразность их использования в качестве упаковочного материала для пищевых продуктов. Наилучшие показатели отмечены у образца пленки № 1 (2 % агара, 1 % арабиногалактана и 1 % глицерина). В дальнейшем указанная рецептура использовалась для производства пленки антимикробной направленности. В базовую рецептуру пленочного раствора был введен жидкий экстракт цветков ромашки (*Matricaria recutita*) в количестве 1 %, полученный в результате гидробаротермической обработки растения (давление 6×10^5 Па, температуре 105–110 °С в течение 60–80 мин в соотношении растительного сырья к дистиллированной воде 1:4).

Введение в рецептуру раствора для пленки не оказало отрицательного влияния на структурно-механические свойства пленки. Вместе с тем пленки имели слегка растительный горьковатый вкус.

Изготовленные по ранее установленной технологии, плёнки были использованы в качестве съедобной упаковки для охлаждённых мясных полуфабрикатов.

В ходе эксперимента сформировали 2 группы охлаждённой свинины массой 500 г. Первая группа (контрольная) – образцы мяса помещали в пленку с базовой рецептурой, вторая группа (опытная) – образцы мяса помещали в пленку, имеющую в своем составе экстракт ромашки. Все исследуемые образцы мяса упаковывали в пленки для вакуумирования вакуумным упаковщиком фирмы BOXER. Исследования показателей свежести мяса проводили через 5, 7, и 10 суток хранения для мясных полуфабрикатов с предполагаемым сроком годности 5–7 суток согласно МУК 4.2.1847-04 «Санитарно-эпидемиологическая оценка обоснования сроков годности и условий хранения пищевых продуктов».

Через 10 суток хранения все исследуемые образцы мяса первой и второй групп по органолептическим показателям соответствовали свежему продукту (внешний вид: поверхность после снятия пленки ровная, незаветренная, мышечная ткань упругая; цвет свойственный свинине, запах характерный для доброкачественного мяса

свойственный свинине), микробиологическим – требованиям ТР ТС 034/2013. Следует отметить, что образцы мяса второй группы отличались большей микробной обсемененностью. Так, КМАФАнМ в образцах мяса опытной группы было на уровне $1,2 \times 10^6$ КОЕ/г (норма для упакованного в вакуум мяса не более $1,0 \times 10^4$ КОЕ/г), в то время как КМАФАнМ в образцах мяса первой (контрольной) группы – $2,7 \times 10^2$ КОЕ/г.

Полученные результаты свидетельствуют об увеличении антимикробной активности пленки с экстрактом ромашки в рецептуре.

В контрольных и опытных образцах мяса кислотное (КЧ) и перекисное (ПЧ) числа после 10 суток хранения не превышали норму для свежего жира. Так, КЧ и ПЧ в образцах жира, выделенного из мяса через 10 суток хранения, было на уровне 0,6 мг КОН/г (норма – не более 4,0 мг КОН/г) и 1,1 ммоль активного кислорода/кг (норма – не более 10,0 ммоль активного кислорода/кг). Аналогичные результаты получены при исследовании процессов

перекисного окисления липидов в образцах второй группы. Так, КЧ через 10 суток хранения составило 0,4 мг КОН/г, ПЧ – 0,9 ммоль активного кислорода/кг. Полученные данные свидетельствуют о антиоксидантной активности разработанных пленок за счет наличия в них арабиногалактана – антиокислителя растительного происхождения.

Выводы

На основании проведенных органолептических, физико-химических и микробиологических исследований упаковка мясных полуфабрикатов в биоразлагаемую пленку, состоящую из агара-агара, арабиногалактана, глицерина, экстракта ромашки и дистиллированной воды, выработанной экструзионным методом, способствует увеличению их срока годности.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Food hydrocolloid edible films and coatings / O. Skurtys, C. Acevedo, F. Pedreschi [et al.] // Food Hydrocolloids: Characteristics, Properties and Structures / C. S. Hollingworth. – UK : Nova Science Publ., 2010. – P. 6–9.
2. Chiumarelli, M. Stability, solubility, mechanical and barrier properties of cassava starch – Carnauba wax edible coatings to preserve fresh-cut apples / M. Chiumarelli, M. D. Hubinger // Food hydrocolloids. – 2012. – Vol. 28, № 1. – P. 59–67. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2011.12.006>.
3. Han, J. H. Innovations in food packaging. – Academic Press, 2014. – P. 345–353.
4. Efficacy of the application of a coating composed of chitosan and *Origanum vulgare* L. essential oil to control *Rhizopus stolonifer* and *Aspergillus niger* in grapes (*Vitis labrusca* L.) / N. S. T. dos Santos, A. J. A. A. Aguiar, C. E. V. de Oliveira // Food Microbiology. – 2012. – Vol. 32, № 2. – P. 345–353. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fm.2012.07.014>.
5. Aider, M. Chitosan application for active bio-based films production and potential in the food industry: Review / M. Aider // LWT – Food Science and Technology, 2010. – Vol. 43, № 6. – P. 837–842. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.01.021>.
6. Electrostatic and Conventional Spraying of Alginate-Based Edible Coating with Natural Antimicrobials for Preserving Fresh Strawberry Quality / G. Peretto, W. X. Du, R. J. Avena-Bustillos [et al.] // Food Bioprocess Technology. – 2017. – Vol. 10, № 1. – P. 165–174. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11947-016-1808-9>.
7. Edible films and coatings – sources, properties and application / D. Z. Šuput, V. L. Lazić, S. Z. Popović [et al.] // Food and Feed Research. – 2015. – Vol. 42, № 1. – P. 11–22.
8. Preparation and Properties of dialdehyde carboxymethyl cellulose crosslinked gelatine edible films / C. Mu, J. Guo, X. Li [et al.] // Food Hydrocolloids. – 2012. – Vol. 27, № 1. – P. 22–29. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2011.09.005>.
9. Касьянов, Г. И. Биоразрушаемая упаковка для пищевых продуктов / Г. И. Касьянов // Наука. Техника. Технологии (Политехнический вестник). – 2015. – № 3. – С. 165–184.
10. Khan, M. I. Spreading behaviour of silicone oil and glycerol drops on coated papers / M. I. Khan, M. M. Nasef // Leonardo Journal of Sciences. – 2009. – № 14. – P. 18–30.
11. Fryer, P. J. Processing technology innovation in the food industry / P. J. Fryer, C. Versteeg // Innovation: Management, Policy and Practice. – 2008. – Vol. 10, № 1. – P. 74–90. DOI: <https://doi.org/10.5172/impp.453.10.1.74>.
12. Treatment of focal articular cartilage defects in the knee: A systematic review / R. A. Magnussen, W. R. Dunn, J. L. Carey [et al.] // Clinical Orthopaedics and Related Research. – 2008. – Vol. 466, № 4. – P. 952–962. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11999-007-0097-z>.

References

1. Skurtys O., Acevedo C., Pedreschi F., et al. Food hydrocolloid edible films and coatings. In: Hollingworth C.S. (ed) *Food Hydrocolloids: Characteristics, Properties and Structures*. UK: Nova Science Publ., 2010, pp. 6–9.
2. Chiumarelli M. and Hubinger M.D. Stability, solubility, mechanical and barrier properties of cassava starch – Carnauba wax edible coatings to preserve fresh-cut apples. *Food hydrocolloids*, 2012, vol. 28, no. 1. pp. 59–67. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2011.12.006>.
3. Han J.H. *Innovations in food packaging*. Academic Press Publ., 2014. pp. 345–353.

4. Dos Santos N.S.T., Aguiar A.J.A.A., De Oliveira C.E.V., et al. Efficacy of the application of a coating composed of chitosan and *Origanum vulgare* L. essential oil to control *Rhizopus stolonifer* and *Aspergillus niger* in grapes (*Vitis labrusca* L.). *Food Microbiology*, 2012, vol. 32, no. 2, pp. 345–353. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fm.2012.07.014>.
5. Aider M. Chitosan application for active bio-based films production and potential in the food industry: Review. *LWT – Food Science and Technology*, 2010, vol. 43, no. 6, pp. 837–842. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.01.021>.
6. Peretto G., Du W.X., Avena-Bustillos R.J., et al. Electrostatic and Conventional Spraying of Alginate-Based Edible Coating with Natural Antimicrobials for Preserving Fresh Strawberry Quality. *Food Bioprocess Technology*, 2017, vol. 10, no. 1, pp. 165–174. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11947-016-1808-9>.
7. Šuput D.Z., Lazić V.L., Popović S.Z., and Hromiš N.M. Edible films and coatings – sources, properties and application. *Food and Feed Research*, 2015, vol. 42, no. 1, pp. 11–22.
8. Mu C., Guo J., Li X., Lin W., and Li D. Preparation and Properties of dialdehyde carboxymethyl cellulose crosslinked gelatine edible films. *Food Hydrocolloids*, 2012, vol. 27, no. 1, pp. 22–29. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2011.09.005>.
9. Kasyanov G.I. Technology of the biodegraded packing for foodstuff. *Science. Engineering. Technology (Polytechnical Bulletin)*, 2015, no. 3, pp. 165–184. (In Russ.).
10. Khan M.I. and Nasef M.M. Spreading behaviour of silicone oil and glycerol drops on coated papers. *Leonardo Journal of Sciences*, 2009, no. 14, pp. 18–30.
11. Fryer P.J. and Versteeg C. Processing technology innovation in the food industry. *Innovation: Management, Policy and Practice*, 2008, vol. 10, no. 1, pp. 74–90. DOI: <https://doi.org/10.5172/impp.453.10.1.74>.
12. Magnussen R.A., Dunn W.R., Carey J.L., and Spindler K.P. Treatment of focal articular cartilage defects in the knee: A systematic review. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 2008, vol. 466, no. 4, pp. 952–962. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11999-007-0097-z>.

Ногина Анна Александровна

аспирант кафедры пищевой инженерии, ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет», 620144, Россия, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта, 62, тел.: + 7 (962) 074-16-39, e-mail: mother_89@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0003-0080-9275>

Тихонов Сергей Леонидович

д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой пищевой инженерии, ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет», 620144, Россия, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта, 62, тел.: + 7 (912) 276-98-95, e-mail: tihonov75@bk.ru
 <https://orcid.org/0000-0003-4863-9834>

Тихонова Наталья Валерьевна

д-р техн. наук, доцент, профессор кафедры пищевой инженерии, ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет», 620144, Россия, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта, 62, тел.: + 7 (919) 392-37-09, tihonov75@bk.ru
 <https://orcid.org/0000-0001-5841-1791>

Anna A. Nogina

Postgraduate Student of the Department of Food engineering, Ural State University of Economic, 62, 8 March Str., Ekaterinburg, 620144, Russia, phone: + 7 (962) 074-16-39, e-mail: mother_89@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0003-0080-9275>

Sergey L. Tikhonov

Dr.Sci.(Eng.), Professor, Head of the Department of Food Engineering, Ural State University of Economic, 62, 8 March Str., Ekaterinburg, 620144, Russia, phone: + 7 (912) 276-98-95, e-mail: tihonov75@bk.ru
 <https://orcid.org/0000-0003-4863-9834>

Nataliya V. Tikhonova

Dr.Sci.(Eng.), Associate Professor, Professor of the Department of Food Engineering, Ural State University of Economic, 62, 8 March Str., Ekaterinburg, 620144, Russia, phone: + 7 (919) 392-37-09, tihonov75@bk.ru
 <https://orcid.org/0000-0001-5841-1791>

<https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-4-79-86>
УДК 654.924.5

Оригинальная статья
<http://fppt.ru/>

Оценка надежности работы системы извещения о пожаре

А. А. Ахмедова^{id}, Т. Г. Шевцова*^{id}, Р. В. Котляров^{id}, А. Н. Кроль^{id}

Дата поступления в редакцию: 26.09.2018
Дата принятия в печать: 28.12.2018

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

*e-mail: shevcova-t@yandex.ru



© А. А. Ахмедова, Т. Г. Шевцова, Р. В. Котляров, А. Н. Кроль, 2018

Аннотация. Повышение безопасности жизнедеятельности человека является одной из основных задач научно-технического прогресса. Опасная ситуация возникает при нахождении человека в опасной зоне, т.е. в пространстве, где постоянно, периодически или эпизодически возникают ситуации, обусловленные факторами, приводящими к постепенному или мгновенному повреждению здоровья человека. Одной из таких ситуаций является возникновение пожара. Безопасность технических систем неразрывно связана с их надежностью. В противопожарной автоматике основная цель проведения расчета надежности – определение вероятности безотказной работы оборудования системы с последующим использованием полученного значения в расчете индивидуального пожарного риска. Одна из особенностей определения надежности автоматизированных систем – это серьезное различие между показателями надежности основных элементов системы и системы автоматике в целом. Чем сложнее система, тем она менее надежна. В статье рассмотрены основные проблемы, приводящие к потере работоспособности отдельных элементов оборудования систем технической безопасности; сформулированы задачи и методы оценки их надежности. Объектом исследования является система пожарной безопасности производственного здания, в состав которой входят: система автоматической пожарной сигнализации и система оповещения и управления эвакуацией людей. Приведен пример расчета надежности для системы автоматической пожарной сигнализации, по результатам которого сделаны выводы и предложены пути совершенствования существующей системы. Результаты исследований обработаны и представлены основными показателями надежности системы, которыми являются интенсивность отказов и вероятность безотказной работы отдельных элементов оборудования и системы в целом. Установлено, что введение ручного извещателя в систему резервирования тепловых и дымовых пожарных извещателей позволяет снизить интенсивность отказов системы, увеличить среднее время безотказной работы. Таким образом, улучшены показатели надежности системы, за счет чего может быть повышена безопасность зданий.

Ключевые слова. Техническая безопасность, надежность, система пожарной сигнализации

Для цитирования: Оценка надежности работы системы извещения о пожаре / Ахмедова А. А., Шевцова Т. Г., Котляров Р. В. [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 4. – С. 79–86. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-4-79-86>.

Original article

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

Estimation of Reliability of Fire Alarm System

A.A. Akhmedova^{id}, T.G. Shevtsova*^{id}, R.V. Kotliarov^{id}, A.N. Krol^{id}

Received: September 26, 2018
Accepted: December 28, 2018

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

*e-mail: shevcova-t@yandex.ru



© A.A. Akhmedova, T.G. Shevtsova, R.V. Kotliarov, A.N. Krol, 2018

Abstract. Improving the safety of human life is one of the main tasks of scientific and technological progress. A dangerous situation occurs when a person is in a dangerous area, i.e. in a space where constantly, periodically, or occasionally there are situations caused by factors that lead to gradual or instantaneous damage to human health. Fire is one of these situations. The safety of technical systems is solidly linked to their reliability. In firefighting automation, the main purpose of calculating reliability is to determine the probability of failure-free operation of the equipment of the system. The value obtained is subsequently used to calculate individual fire risk. To ensure technical safety, it is a universal practice to use system approach and system analysis, which allows us to consider technical security as a system. One of the specific characters of determining the reliability of computer-aided systems is the difference between the reliability indicators of the main elements of the system and the automation system as a whole. The more complex the system, the less reliable it is. The article considers the main problems leading to the efficiency loss of particular items of equipment included in the technical safety systems and formulates the tasks and methods for their reliability assessment. The research features the fire safety system of an industrial building, which includes an automatic fire alarm system and a warning and evacuation system. The paper contains an example of calculating the reliability for an automatic fire alarm system. The authors propose some ways of improving the existing system. The results are processed and presented by the main indicators of system reliability, which are the failure rate and the failure-free operation probability for particular items of equipment and the system as a whole. The research revealed that a manual detector, used as a standby item in the system of thermal and smoke fire detectors,

makes it possible to reduce the failure rate of the system and increase the average time of failure-free operation. Thus, it improves the indicators of the system reliability and increases the safety of industrial buildings.

Keywords. Technical safety, reliability, fire alarm system

For citation: Akhmedova A.A., Shevtsova T.G., Kotliarov R.V., abd Krol A.N. Estimation of Reliability of Fire Alarm System. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2018, vol. 48, no. 4, pp. 79–86. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-4-79-86>.

Введение

Автоматическая пожарная сигнализация (АПС) представляет собой совокупность технических устройств, которая выполняет следующие функции: обнаружение и извещение о пожаре, формирование управляющих сигналов включения автоматических средств пожаротушения. К основным задачам АПС относят: идентификацию первичных признаков пожара и очагов возгорания; обработку в приемно-контрольных пожарных устройствах сигналов, поступающих от пожарных извещателей; формирование управляющих сигналов для устройств пожарной автоматики; передачу управляющих сигналов в системы оповещения и управления эвакуацией (СОУЭ), дымоудаления и автоматического пожаротушения; передачу сигналов на пульт дежурного персонала.

Структура АПС формируется на основе приемно-контрольной панели, к которой подключены извещатели (пожарные, охранные), оповещатели (световые, звуковые), модуль связи с дежурным персоналом или пожарной частью. Вызов пожарного подразделения в ручном режиме осуществляется с помощью кнопки экстренного вызова. Датчики в составе АПС реагируют на события,

свидетельствующие о возникновении пожара: наличие открытого пламени, рост температуры, рост концентрации дымовых газов в воздухе.

Надежность АПС и СОУЭ – необходимое условие их безопасного функционирования [1]. Надежность является основным эксплуатационно-техническим свойством систем, а ее показатели – мерой качества функционирования системы. Надежность системы можно оценить с помощью аналитической или вероятностной модели. Основное условие построения аналитической модели – наличие структуры системы и логической схемы ее функционирования [2–5]. В зависимости от этого будет строиться модель надежности технической системы и будет зависеть результат оценивания показателя, а, следовательно, и принятие решений. На этапах испытаний и эксплуатации системы источником информации о системе и ее свойствах становятся реальный объект и условия функционирования. Получаемые данные представляют собой результаты случайной выборки и оценки показателей надежности с помощью методов статистической теории надежности [6–9].

Целью работы является повышение безопасности производственного помещения путем модернизации

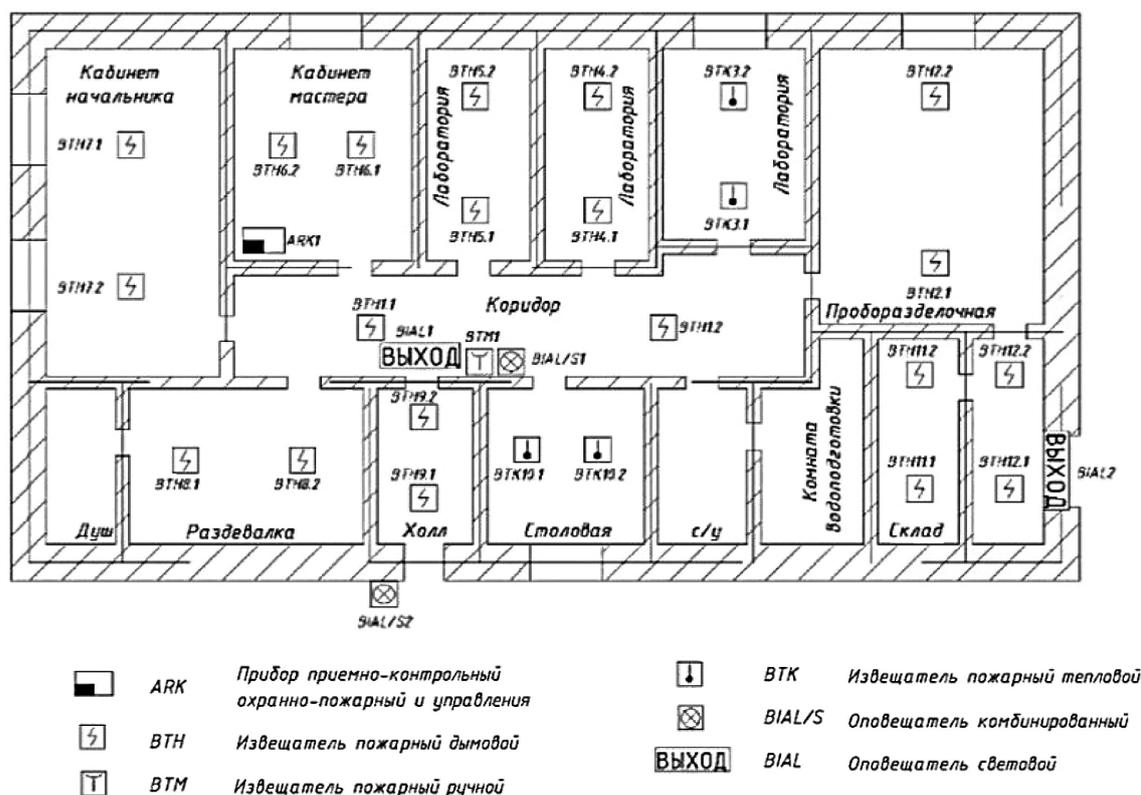


Рисунок 1 – План расположения оборудования АПС и СОУЭ

Figure 1 – Location of the automatic fire alarm system and the system of warning and evacuation

системы пожарной безопасности, в состав которой входят система автоматической пожарной сигнализации и система оповещения и управления эвакуацией людей.

Объекты и методы исследования

Объектом исследования является система пожарной безопасности производственного здания общей площадью 128 м², в состав которой входят система автоматической пожарной сигнализации (АПС), система оповещения и управления эвакуацией людей (СОУЭ). Предметом исследования является надежность действующей системы пожарной безопасности.

План расположения оборудования АПС и СОУЭ показан на рисунке 1.

ГОСТ 27.301-95 «Надежность в технике. Расчет надежности. Основные положения» [10] устанавливает задачи расчета надежности системы противопожарной автоматики. Во-первых, расчет показателей надежности элементов системы и надежности системы в целом. Во-вторых, установление соответствия полученных значений показателей надежности системы заданным требованиям. В-третьих, выбор варианта рационального построения схемы, обоснованного с учетом полученных показателей надежности.

Чаще всего проектная документация АПС и СОУЭ не содержит расчета надежности. Только очень крупные компании проводят расчет на этапе «Рабочая документация» с целью определения структурно-конструктивного построения системы для оптимизации ее технического обслуживания. Расчет надежности служит серьезным основанием при проведении технического обслуживания системы и позволяет экономить ресурсы на этапе создания системы и последующей эксплуатации [7].

Методика расчета надежности, указанная в документе РНД 73-16-90 «Методика по расчету показателей надежности системы оповещения о пожаре и управления эвакуацией людей при пожаре» [11], позволяет определить общую последовательность расчета надежности. Также необходимо учитывать ГОСТ 27.301-95 «Надежность в технике. Расчет надежности. Основные положения» [10]. В результате рекомендованы следующие этапы оценки надежности:

1. Изучение системы, которую необходимо рассчитать, сбор необходимых данных и идентификация системы;
2. Постановка цели и задач расчетов, определение значений расчетных показателей надежности;
3. Выбор методик расчета, которые учитывают особенности системы, цели расчета, исходную информацию и другие данные, необходимые для расчета;
4. Формирование расчетных моделей для определения значений показателей надежности;
5. Расчет значений показателей надежности и их сравнение с требуемыми.

К основным показателям надежности системы относят интенсивность отказов и вероятность

безотказной работы элементов системы и системы в целом. Интенсивность отказов i -го элемента (λ_i) – величина, обратно пропорциональная времени наработки на отказ (T_0):

$$\lambda = \frac{1}{T_0}. \quad (1)$$

Основная цель расчета заключается в определении указанных показателей надежности технического оборудования системы. Данные показатели могут быть положены в основу дальнейшей оптимизации технического обслуживания рассматриваемой системы, а также использованы для установления уровня риска [5] и применены как критерий обоснования усовершенствования системы.

Функциональное назначение системы позволяет установить основные контуры обслуживания. Система автоматической пожарной сигнализации содержит два основных целевых контура: АПС и СОУЭ.

Кроме основных контуров, каждая система включает дополнительные контуры обеспечения. Например, контур обеспечения системы электроэнергией. В нашем случае вспомогательный контур электрообеспечения не рассматривается, так как его надежность соответствует первой категории с идеальной вероятностью безотказной работы контура равной единице (т.е. контур не влияет на общую надежность системы). Данное решение не выходит за границы инженерной точности расчета.

Для выполнения расчетов надежности определяют тип соединения элементов системы. Основными типами соединения считают параллельное и последовательное соединения. Последовательное соединение элементов системы означает то, что отказы ее элементов независимы друг от друга. При этом отказ хотя бы одного из элементов вызовет отказ всей системы. Параллельное соединение элементов в системе означает, что если отказы элементов независимы друг от друга, то отказ всей системы возникает только при отказе всех элементов.

В случае последовательного соединения n элементов системы интенсивность ее отказов определяется зависимостью:

$$\lambda_c = \sum_{i=1}^n \lambda_i. \quad (2)$$

В случае параллельного соединения n элементов интенсивность отказов определится как:

$$\frac{1}{\lambda_c} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{\lambda_i}. \quad (3)$$

Получив T_0 , можно переходить к расчету вероятности безотказной работы системы для некоторого интервала нормальной эксплуатации t . Значение интервала принимают 2000 часов [11]. Чем больше заданный интервал, тем ниже вероятность безотказной работы:

$$P(t) = \exp(-t/T_0). \quad (4)$$

Результаты и их обсуждение

При построении структурной схемы системы для расчета надежности необходимо сразу поставить границы глубины декомпозиции – т.е. выделения подсистем в составе системы с последующей декомпозицией подсистем и т.д. Любой элемент, модуль системы можно рассматривать как подсистему в границах общего комплекса. Достижение необходимой точности в декомпозиции требует, как правило, четырех-пяти процедур [12]. Будем считать, что в состав исследуемого объекта входят типовые заводские изделия, такие как извещатели пожарные дымовые и тепловые, извещатели пожарные ручные, прибор приемно-контрольный пожарный, оповещатели охранно-пожарные комбинированные светозвуковые, а также световые табло.

Структура контура АПС в каждом помещении с целью резервирования предполагает дублирование извещателей. В случае неисправности одного из извещателей другой срабатывает [13, 14]. Если неисправен ручной извещатель, то должны сработать дымовые (или тепловые). Извещатели пожарные ручные – основная часть АПС, выход их из строя должен быть обязательно зафиксирован, а их работоспособность необходимо восстановить. Основная функция дымовых или тепловых извещателей заключается в фиксации признаков пожара на защищаемой площади. Будем считать, что если два извещателя перекрывают площади действия друг друга, то их соединение можно считать параллельным. Если площади их действия не перекрыты (даже в случае расположения извещателей в одном и том же

помещении), то их соединение в расчетной схеме считают последовательным. Размер площади, которую покрывает один пожарный извещатель, в зависимости от высоты помещения, приведен в СП 5.13130.2009 [15]. При расчете зон покрытия также учитывается радиус покрытия извещателя.

На основе анализа данной информации, а также с учетом площади каждого из помещений здания сформируем структурные схемы контуров АПС и СОУЭ (рис. 2, 3). Таким образом, АПС представлена последовательно-параллельной структурой, система СОУЭ – последовательной.

Исходные данные, необходимые для расчета показателей надежности исследуемой системы, представлены в таблице 1. Данные включают время наработки на отказ основного оборудования системы, показатели ремонтпригодности оборудования, сведения об архитектуре системы. Информация о наработке на отказ приводится в официальной сопровождающей документации или паспорте на оборудование.

Определим интенсивность отказов элементов системы по формуле (5). Для дымовых и тепловых пожарных извещателей, извещателей ручных и светового оповещателя интенсивности отказов одинаковы ($\lambda_{ди}, \lambda_{ти}, \lambda_{ир}, \lambda_{ко}$) и равны $1,67 \times 10^{-5} \text{ ч}^{-1}$; для прибора пожарного: $\lambda_{ппк} = 5 \times 10^{-5} \text{ ч}^{-1}$; для комбинированного оповещателя: $\lambda_{ко} = 2,5 \times 10^{-5} \text{ ч}^{-1}$.

Определим интенсивность отказов контуров АПС и СОУЭ.

Для контура АПС, в соответствии со структурной схемой на рисунке 2, интенсивность отказов будет составлять:

$$\lambda_{\text{АПС}} = \lambda_{\text{ппк}} + \lambda_{\text{ир}} + 2 \times \lambda_{\text{ди}} + 9 \times \frac{\lambda_{\text{ди}} \times \lambda_{\text{ди}}}{\lambda_{\text{ди}} + \lambda_{\text{ди}}} + 2 \times \frac{\lambda_{\text{ти}} \cdot \lambda_{\text{ти}}}{\lambda_{\text{ти}} + \lambda_{\text{ти}}} = 19,195 \times 10^{-5} \text{ 1/ч.} \quad (5)$$



Рисунок 2 – Структурная схема контура СОУЭ

BIAL – оповещатель световой, BIAL/S – оповещатель комбинированный (свето-звуковой)

Figure 2 – Block diagram of the system of warning and evacuation BIAL – light emergency alarm, BIAL/S – combined emergency alarm (light and sound)

Таблица 1 – Сведения об оборудовании системы

Table 1 – Equipment properties

№ п/п	Наименование и тип технического средства	Время наработки на отказ, час	Состояние после отказа	Количество, шт
1	Извещатель пожарный дымовой	60 000	восстанавливаемое	20
2	Извещатель пожарный тепловой	60 000	восстанавливаемое	4
3	Извещатель пожарный ручной	60 000	восстанавливаемое	1
4	Прибор приемно-контрольный охранно-пожарный и управления	20 000	восстанавливаемое	1
5	Оповещатель комбинированный	40 000	восстанавливаемое	2
6	Оповещатель световой	60 000	восстанавливаемое	2

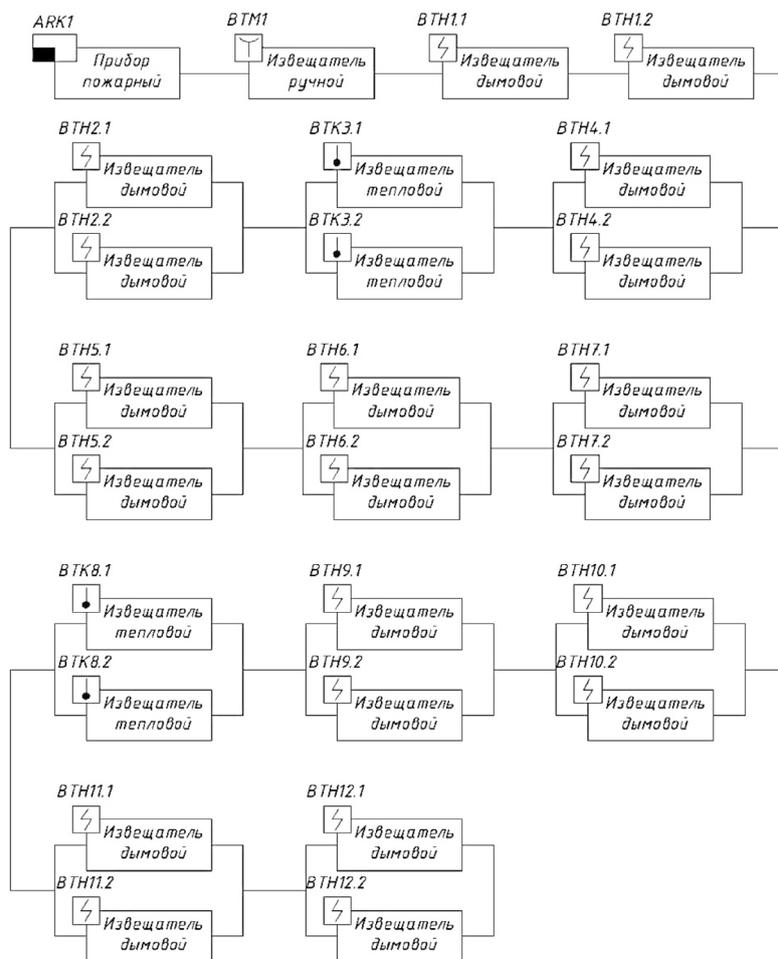


Рисунок 3 – Структурная схема контура АПС ARK – прибор приемно-контрольный охранно-пожарный и управления, ВТН – извещатель пожарный дымовой, ВТМ – извещатель пожарный ручной, ВТК – извещатель пожарный тепловой
 Figure 3 – Block diagram of the automatic fire alarm system contour ARK – fire alarm and control device, ВТН - smoke fire detector, ВТМ – manual fire detector, ВТК – heat fire detector

Интенсивность отказов для контура СОУЭ:

$$\lambda_{\text{СОУЭ}} = \lambda_{\text{СО}} + \lambda_{\text{КО}}, \quad (6)$$

$$\lambda_{\text{СОУЭ}} = 2 \times \lambda_{\text{КО}} + 2 \times \lambda_{\text{СО}} = 8,34 \times 10^{-5} \text{ 1/ч.} \quad (7)$$

Интенсивность отказов всей системы:

$$\lambda = 27,535 \times 10^{-5} \text{ 1/ч.} \quad (8)$$

Среднее время безотказной работы системы (средняя наработка на отказ):

$$T_0 = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{27,535 \times 10^{-5}} = 3632 \text{ ч.} \quad (9)$$

Проведем расчет вероятности безотказной работы системы для 2000 часов:

$$P(t) = \exp(-2000/T_0) = 0,58. \quad (10)$$

В результате расчета были определены основные параметры надежности системы автоматической пожарной сигнализации и системы оповещения и управления эвакуацией. Произведенный расчет упрощен и не учитывает ряд показателей, которые

могут повлиять на надежность работы системы АПС и СОУЭ. Например, в расчете могут быть учтены линии связи и кабельные соединения. Также можно учесть надежность программного обеспечения, используемого в системе.

Полученное значение вероятности безотказной работы системы не соответствует нормам показателей надежности систем АПС и СОУЭ [11]. Следовательно, необходимо определить пути повышения их надежности.

С этой целью на этапе проектирования возможно применение оборудования с лучшими показателями и резервирование. Резервирование представляет собой введение дополнительных элементов в систему параллельно к существующим, т.е. элементов, дублирующих функции основных. Соответственно, система называется системой с резервированием в том случае, если отказ наступает после отказа основного элемента и всех резервируемых элементов. Тип резервирования выбирается, исходя из конкретно поставленной задачи. В пожарной автоматике резервируются отдельные модули. Полное резервирование системы применяется крайне редко [16–20].

В качестве резервного модуля системы АПС вводим извещение о пожаре в ручном режиме. Схемы резервирования представлены на рисунке 4.

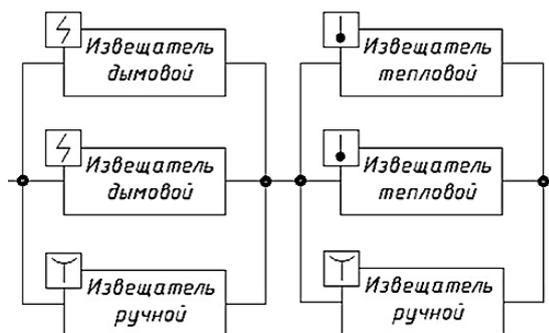


Рисунок 4 – Схемы резервирования дымовых и тепловых пожарных извещателей ручными извещателями

Figure 4 – Schemes for reserving smoke and heat emergency alarms with manual detectors

В этом случае для контура АПС интенсивность отказов составит:

$$\lambda_{\text{АПС}} = \lambda_{\text{ППК}} + \lambda_{\text{ИР}} + 2 \times \lambda_{\text{ДИ}} + 9 \times \frac{\lambda_{\text{ДИ}} \cdot \lambda_{\text{ИР}}}{\lambda_{\text{ДИ}} + 2\lambda_{\text{ИР}}} + 2 \times \frac{\lambda_{\text{ТИ}} \cdot \lambda_{\text{ИР}}}{\lambda_{\text{ТИ}} + 2\lambda_{\text{ИР}}} = 16,137 \times 10^{-5} \text{ 1/ч.} \quad (11)$$

Тогда интенсивность отказов всей системы:

$$\lambda = 24,477 \times 10^{-5} \text{ 1/ч.} \quad (12)$$

Среднее время безотказной работы системы (средняя наработка на отказ):

$$T_0 = \frac{1}{24,477 \times 10^{-5}} = 4085,5 \text{ ч.} \quad (13)$$

Вероятность безотказной работы системы для 2000 часов:

$$P(t) = \exp(-2000/T_0) = 0,61. \quad (14)$$

Выводы

Результаты расчетов демонстрируют, что введение ручного извещателя в систему резервирования тепловых и дымовых пожарных извещателей позволит снизить интенсивность отказов системы более чем на 10 %, увеличить среднее время безотказной работы на 453,5 часа. Таким образом, резервирование элементов существующих АПС и СОУЭ улучшает основные показатели их надежности, что повышает безопасность зданий.

Нельзя добиться абсолютно безотказной работы сложной системы, однако, можно свести к минимуму неконтролируемые отказы, возникающие в процессе эксплуатации каждой технической системы, вследствие износа ее элементов, и влияния на нее неблагоприятных внешних и внутренних факторов. Это достигается путем грамотно организованной эксплуатации системы, профилактических мероприятий и ремонтов, правильного выбора частоты проверок и регламентации времени непрерывной работы системы.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Техногенный риск, надежность и диагностика технических систем: подходы, модели, методы / Н. А. Махутов, В. В. Зацаринный, В. Б. Альгин [и др.] // Механика машин, механизмов и материалов. – 2012. – Т. 20–21, № 3–4. – С. 67–85.
2. Развитие техносферы: оценка риска и надежности сложных технических объектов / Н. А. Махутов, В. В. Зацаринный, М. М. Гаденин [и др.] // Актуальные вопросы машиноведения. – 2012. – Т. 1. – С. 29–49.
3. Кроль, А. Н. Развитие пожарной охраны в России и Кузбассе / А. Н. Кроль, Я. О. Ефремова // Пищевые инновации и биотехнологии : материалы IV Международной научной конференции / Кемеровский технологический институт пищевой промышленности. – Кемерово, 2016. – С. 667–669.
4. Актуальные проблемы обеспечения безопасности технологических процессов и производств для предупреждения техногенных чрезвычайных ситуаций / А. В. Федоров, В. А. Бармашев, В. Н. Марков [и др.] // Вестник Воронежского института ГПС МЧС России. – 2017. – Т. 24, № 3. – С. 91–98.
5. Быкова, Н. М. Подходы к оценке и способам прогнозирования безопасности состояния сложных технических объектов / Н. М. Быкова, Т. Ш. Беялов // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2015. – Т. 48, № 4. – С. 113–118.
6. Онищенко, В. Я. Классификация и сравнительная оценка факторов риска / В. Я. Онищенко // Безопасность труда в промышленности. – 1997. – № 2. – С. 46–56.
7. Лепихин, А. М. Надежность, живучесть и безопасность сложных технических систем / А. М. Лепихин, В. В. Москвичев, С. В. Доронин // Вычислительные технологии. – 2009. – Т. 14, № 6. – С. 58–70.
8. Волик, Б. Г. О свойствах технических объектов, определяющих их эксплуатационную работоспособность / Б. Г. Волик // Надежность. – 2005. – Т. 25, № 2. – С. 64–69.
9. Костюков, А. А. Методы и средства обеспечения надежности автоматизированных систем / А. А. Костюков // Железнодорожный транспорт. – 2010. – № 10. – С. 44–47.
10. ГОСТ 27.301-95. Надежность в технике. Расчет надежности. Основные положения. М. : Издательство стандартов, 1995.
11. РНД 73-16-90. Методика по расчету показателей надежности системы оповещения о пожаре и управления эвакуацией людей при пожаре. Новосибирск, 1990.

12. Плоткин, Б. К. Безопасность жизнедеятельности: теория надежности и управление рисками / Б. К. Плоткин // Вестник факультета управления СПбГЭУ. – 2017. – № 1–2. – С. 236–241.
13. Стародубцева, С. А. Прогнозирование остаточного ресурса конструкций и деталей машин / С. А. Стародубцева, А. С. Гусев // Известия Московского государственного технического университета МАМИ. – 2012. – Т. 1, № 2. – С. 355–360.
14. Машиноведение в проблемах техногенной безопасности / Н. А. Махутов, М. М. Гаденин, В. П. Петров [и др.] // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. – 2008. – № 5. – С. 3–18.
15. СП 5.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования. М. : Издание официальное, 2009.
16. ГОСТ Р 27.301-2011. Надежность в технике. Управление надежностью. Техника анализа безотказности. М. : Стандартиформ, 2013.
17. ВСН 116-93. Инструкция по проектированию линейно-кабельных сооружений связи. М., 1993.
18. Комментарии к отдельным статьям Федерального закона от 22 июля 2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
19. Приказ МЧС РФ от 10.07.2009 № 404. Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах.
20. ГОСТ 27.002-89. Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения. М. : Издательство стандартов, 2002.

References

1. Makhutov N.A., Zatsarinny V.V., Algin V.B., and Ishin N.N. Technogenic risk, reliability and diagnostics of technical systems: approaches, models, methods. *Mechanics of Machines, Mechanisms and Materials*, 2012, vol. 20–21, no. 3–4, pp. 67–85. (In Russ.).
2. Makhutov N.A., Zatsarinny V.V., Gadenin M.M., Algin V.B., and Ishin N.N. Technosphere development: the estimation of risk and reliability for complex technical objects. *Aktual'nye voprosy mashinovedeniya* [Relevant issues of engineering], 2012, vol. 1, pp. 29–49. (In Russ.).
3. Krol' A.N. and Efremova Ya.O. Razvitie pozharnoy okhrany v Rossii i Kuzbasse [Development of fire protection in Russia and Kuzbass]. *Pishchevye innovatsii i biotekhnologii: materialy IV Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii* [Food Innovations and Biotechnologies: Proceedings of the IV International Scientific Conference]. Kemerovo, 2016, pp. 667–669. (In Russ.).
4. Fedorov A.V., Baryshev V.A., Markov V.N., and Tagiyev S.K. Actual problems of safety of technological processes and productions to prevent anthropogenic emergency situations. *Vestnik Voronezhskogo instituta GPS MCHS Rossii* [Bulletin of the Voronezh Institute of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia], 2017, vol. 24, no. 3, pp. 91–98. (In Russ.).
5. Bykova N.M. and Belyalov T.Sh. Approaches to assessment and methods for predicting safety of complex technical object state. *Modern technologies. System analysis. Modeling*, 2015, vol. 48, no. 4, pp. 113–118. (In Russ.).
6. Onishchenko V.Ya. Klassifikatsiya i sravnitel'naya otsenka faktorov riska [Classification and comparative assessment of risk factors]. *Occupational Safety in Industry*, 1997, no. 2, pp. 46–56. (In Russ.).
7. Lepikhin A.M., Moskvichev V.V., and Doronin S.V. Reliability, survivability and safety for complex technical systems. *Computational Technologies*, 2009, vol. 14, no. 6, pp. 58–70. (In Russ.).
8. Volik B.G. O svoystvakh tekhnicheskikh ob'ektov, opredelyayushchikh ikh ehkspluatatsionnyu rabotosposobnost' [Properties of technical objects that determine their operational performance]. *Dependability*, 2005, vol. 25, no. 2, pp. 64–69. (In Russ.).
9. Kostyukov A.A. Metody i sredstva obespecheniya nadezhnosti avtomatizirovannykh system [Methods and means of ensuring the reliability of automated systems]. *Railway Transport*, 2010, no. 10, pp. 44–47. (In Russ.).
10. State Standard 27.301-95. *Dependability in technics. Dependability prediction. Basic principles*. Moscow: Standards Publ., 1995.
11. RND 73-16-90. *Metodika po raschetu pokazateley nadezhnosti sistemy opoveshcheniya o pozhare i upravleniya ehvakuatsiyey lyudey pri pozhare* [RND 73-16-90. Methods for calculating the reliability of the fire alarm system and the management of evacuation of people in case of fire]. Novosibirsk, 1990.
12. Plotkin B.K. Life safety: theory reliability and risk management. *Vestnik fakul'teta upravleniya SPBGEHU* [Bulletin of the Faculty of Management St. Petersburg State University of Economics], 2017, no. 1–2, pp. 236–241. (In Russ.).
13. Starodubtseva S.A. and Gusev A.S. Prediction of remaining lifetime of constructions and machine elements. *Izvestiya MGTU MAMI*, 2012, vol. 1, no. 2, pp. 355–360. (In Russ.).
14. Makhutov N.A., Gadenin M.M., Petrov V.P., and Yudina O.N. Machinescience for Technogenic Safety Problems. *Safety and emergencies problems*, 2008, no. 5, pp. 3–18. (In Russ.).
15. SP 5.13130.2009. *Sistemy protivopozharnoy zashchity. Ustanovki pozharnoy signalizatsii i pozharotusheniya avtomaticheskie. Normy i pravila proektirovaniya* [Fire protection systems. Installation of fire alarm and fire extinguishing automatic. Design rules and regulations]. Moscow: Official Publ., 2009.
16. State Standard P 27.301-2011. *Dependability in technics. Dependability management. Analysis techniques for reliability. General principles*. Moscow: Standartinform Publ., 2013.

17. VSN 116-93. *Instruktsiya po proektirovaniyu lineyno-kabel'nykh sooruzheniy svyazi* [DBN 116-93. Instructions for the design of linear cable communication facilities]. Moscow, 1993.

18. *Kommentarii k otdel'nym stat'yam Federal'nogo zakona ot 22 iyulya 2008 № 123-FZ "Tekhnicheskiy reglament o trebovaniyakh pozharной bezopasnosti"* [Comments on certain articles of the Federal Law of July 22, 2008, No. 123-FL "Technical Regulations on Fire Safety Requirements"]].

19. *Prikaz MCHS RF ot 10.07.2009 № 404. Ob utverzhdenii metodiki opredeleniya raschetnykh velichin pozharnogo riska na proizvodstvennykh ob'ektakh* [Order of the Ministry of Emergency Situations of the Russian Federation of 10.07.2009 No. 404. The methodology for determining the calculated values of fire risk at industrial facilities].

20. State Standard 27.002-89. *Industrial product dependability. General concepts. Terms and definitions*. Moscow: Standards Publ., 2002.

Ахмедова Анастасия Андреевна

студент кафедры автоматизации производственных процессов и автоматизированных систем управления, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6.

<https://orcid.org/0000-0003-1328-6004>

Anastasiya A. Akhmedova

Student of the Department of Automation of Manufacturing Processes and Computer-aided Control Systems, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia.

<https://orcid.org/0000-0003-1328-6004>

Шевцова Татьяна Геннадьевна

старший преподаватель кафедры автоматизации производственных процессов и автоматизированных систем управления, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: + 7 (913) 424-29-51, e-mail: shevcova-t@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0001-7672-1056>

Tatyana G. Shevtsova

Senior Lecturer of the Department of Automation of Manufacturing Processes and Computer-aided Control Systems, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: + 7 (913) 424-29-51, e-mail: shevcova-t@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0001-7672-1056>

Котляров Роман Витальевич

канд. техн. наук, доцент кафедры автоматизации производственных процессов и автоматизированных систем управления, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6.

<https://orcid.org/0000-0002-4152-8149>

Roman V. Kotlyarov

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Department of Automation of Manufacturing Processes and Computer-aided Control Systems, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia.

<https://orcid.org/0000-0002-4152-8149>

Кроль Анна Николаевна

канд. техн. наук, доцент кафедры техносферной безопасности, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6.

<https://orcid.org/0000-0003-1310-5832>

Anna N. Krol

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Department of Technosphere Safety, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia.

<https://orcid.org/0000-0003-1310-5832>

Использование молекулярно-генетических методов для микробиологического контроля пищевой продукции

М. И. Деревщикова, М. Ю. Сыромятников*, В. Н. Попов^{ORCID}

Дата поступления в редакцию: 26.10.2018
Дата принятия в печать: 28.12.2018

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет»,
394018, Россия, г. Воронеж, Университетская площадь, 1

*e-mail: syromyatnikov@bio.vsu.ru



© М. И. Деревщикова, М. Ю. Сыромятников, В. Н. Попов, 2018

Аннотация. В настоящее время для обнаружения и идентификации микроорганизмов разработан ряд технологий и коммерческих приложений, позволяющих выявлять нуклеиновые кислоты, входящие в состав микроорганизмов. Различные методы обнаружения и идентификации микроорганизмов активно разрабатываются в течение многих лет. Одним из наиболее перспективных направлений в молекулярно-генетической идентификации микробиоты в пищевых субстратах считаются технологии, основанные на анализе ДНК. Данный обзор посвящен рассмотрению различных аспектов идентификации микроорганизмов в пищевых субстратах на основе современной научной и методической литературы, а также запатентованных решений. Значительное внимание также уделено классическим методам идентификации микроорганизмов. Приводятся различные аспекты применения ПЦР для анализа микробных сообществ. Показано развитие современных технологий высокопроизводительного секвенирования (NGS) ДНК микробных сообществ в пищевых субстратах. Особое внимание уделено современным стратегиям идентификации патогенов с использованием NGS. Проведен анализ нормативной и методической литературы, а также анализ технических решений, раскрытых в источниках патентной литературы. Рассмотрены достоинства и недостатки различных методов исследования микроорганизмов в пищевых субстратах. В ходе проведенного обзора литературы показано, что наиболее многообещающим методом анализа присутствия прокариотических и эукариотических микроорганизмов, в том числе патогенных, является высокопроизводительное секвенирование.

Ключевые слова. Высокопроизводительное секвенирование (NGS), молекулярно-генетические методы идентификации микроорганизмов, контроль, ДНК, микробные сообщества

Для цитирования: Деревщикова, М. И. Использование молекулярно-генетических методов для микробиологического контроля пищевой продукции / М. И. Деревщикова, М. Ю. Сыромятников, В. Н. Попов // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 4. – С. 87–113. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-4-87-113>.

Review article

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

Molecular Genetic Methods in Microbiological Control of Food Products

M.I. Derevshchikova, M.Yu. Syromyatnikov*, V.N. Popov^{ORCID}

Received: November 26, 2018
Accepted: December 28, 2018

Voronezh State University,
1 Universitetskaya Square, Voronezh, 394018, Russia

*e-mail: syromyatnikov@bio.vsu.ru



© M.I. Derevshchikova, M.Yu. Syromyatnikov, V.N. Popov, 2018

Abstract. There are a number of technologies and business applications that identify nucleic acids of various microorganisms. Technologies based on DNA analysis are the most promising direction in the molecular-genetic identification of the microbiota in food substrates. The present paper is a review of various aspects of microorganism identification in food substrates, their advantages and disadvantages. It features modern regulatory, scientific, and methodological sources, as well as patented solutions. The authors pay considerable attention to the classical methods and describe the use of polymerase chain reaction (PCR) in microbiota analysis. Then, they trace the development of next-generation sequencing (NGS) of DNA and how it can be used to identify pathogens in food substrates. So far, NGS proves to be the most advantageous method that identifies prokaryotic and eukaryotic microorganisms, as well as pathogens.

Keywords. Next-generation sequencing (NGS), molecular genetic methods for identifying microorganisms, control, DNA, microbiota

For citation: Derevshchikova M.I., Syromyatnikov M.Yu., and Popov V.N. Molecular Genetic Methods in Microbiological Control of Food Products. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2018, vol. 48, no. 4, pp. 87–113. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-4-87-113>.

Введение

В настоящее время для обнаружения и идентификации микроорганизмов разработан ряд технологий и коммерческих приложений, позволяющих выявлять нуклеиновые кислоты, входящие в состав микроорганизмов. Различные методы обнаружения и идентификации микроорганизмов активно разрабатываются в течение многих лет. Эти методы можно разделить на три группы:

- классические методы идентификации микроорганизмов;
- методы ПЦР;
- высокопроизводительное секвенирование.

Среди методов идентификации биологических образцов микроорганизмов наибольшее распространение получили методы, основанные на анализе структуры ДНК. Прогресс в освоении методов ДНК-диагностики послужил стимулом для разработки и внедрения в практику высокочувствительных методик оценки качества и экспертизы продуктов питания, основанных на методе ПЦР. В методе ПЦР маркером жизнеспособности бактерий служит недолго живущий ген – специфичная мРНК, с помощью которой можно выделить патогенные бактерии. Молекулярно-генетические методы метагеномного анализа состава бактериального сообщества позволяют выявлять микроорганизмы в пищевых продуктах без предварительного культивирования и без выделения видоспецифических фрагментов по суммарной ДНК и амплификации генов, кодирующих рНК.

Секвенирование следующего поколения (NGS) в совокупности описывает несколько технологий, которые обеспечивают массовое параллельное секвенирование гетерогенных фрагментов ДНК. Данный метод применим к мониторингу микробного сообщества, который заключается в амплифицировании коротких фрагментов ДНК с использованием универсальных PCR-праймеров, нацеленных на известные маркерные гены, преимущественно прокариотические 16S rRNA и грибковые ITS гены.

Цель исследования – рассмотрение различных аспектов идентификации микроорганизмов в пищевых субстратах на основе современной научной и методической литературы, а также запатентованных решений.

Результаты и их обсуждение

1. Классические методы идентификации микроорганизмов. Традиционный методом микробиологического мониторинга сообщества микроорганизмов включает в себя выделение и культивирование микробиоты. В рамках данного направления осуществляются следующие методики: стандартный подсчёт колоний (КОЕ) [1], микроскопический подсчёт колоний [4], посев на скошенный агар [5]. Известен способ определения микроскопических грибов, бактерий

и дрожжей путем высева анализируемых проб на селективные питательные среды в чашки Петри, термостатирования в течение 24–72 часов при температуре $25-37 \pm 1$ °С. О принадлежности микроорганизмов к данной группе судят по характеру роста на конкретной среде и по виду колоний. Способ весьма трудоемок и продолжителен во времени [1].

Известен быстрый (15–30 мин) способ определения микроскопических грибов, бактерий и дрожжей, основанный на методах окраски с последующим микроскопированием [2]. Способ включает следующие операции: приготовление фиксированного мазка исследуемого образца, окрашивание препарата, промывание водопроводной водой, подсушивание и микроскопирование с иммерсионной системой. О принадлежности микроорганизмов к бактериям, грибам или дрожжам судят по морфологическим особенностям окрашенного препарата.

Известен способ обнаружения микробов в молоке с помощью высева пробы в питательные среды [3]. Способ предусматривает смешивание исследуемых проб в различных разведениях с питательной средой, в качестве которой применяют питательный агар с 1 % глюкозы на основе из смеси панкреотического перевара молока, мяса или казеина и дрожжевого аутолизата (в отношении 3:1), культивирование смеси при 30–32 °С в течение 3 суток с последующим учетом образовавшихся колоний. Способ оказался неэффективным при обнаружении возбудителя сибирской язвы, когда он находится в пробе в малых концентрациях.

После разработки и применения новых микроскопических и микробиологических методов исследования было показано, что большинство микроорганизмов существует в окружающей среде в виде микробиологических сообществ (биопленок), образуемых на биотических и абиотических поверхностях. В составе этих сообществ обнаружены и некультивируемые формы членов сообщества. То, что бактериологическими методами не удастся выделить индикаторные или патогенные бактерии в сырье и продуктах животного происхождения может объясняться переходом их в покоящееся состояние. Выделение таких покоящихся форм без культивирования на питательных средах возможно различными методами, например, прямого подсчета жизнеспособных клеток в комбинации с добавлением специфических моноклональных антител (МА); методами люминометрии для тестирования естественно люминесцентных бактерий (*Pseudomonas fluorescens* и др.) и бактерий, получивших гены, кодирующие комплекс ферментов люцеферин-люцеферазы, генно-инженерным способом; методами жидкостной флюориметрии, позволяющими определять общее число микробных клеток, в том числе погибших, живых и некультивируемых, но жизнеспособных клеток (такой метод требует

оборудование, реактивов-красителей и специальных компьютерных программ).

Химические методы. Метод основан на качественном и количественном определении выделяемых метаболитами микроорганизмов в питательную среду, которые подвергаются специфическим химическим реакциям [10]. К химическим методам в микробиологии относят определение термостабильной нуклеазы, измерение количества АТФ, радиометрию, флуорогенные и хромогенные субстраты. Присутствие *Salmonella aureus* в продуктах можно выявить, подвергнув продукт анализу на предмет присутствия термостабильной нуклеазы [22].

Радиометрия. Метод основан на включении в бактериальный метаболизм органики, содержащей радиоактивный углерод-14. Впервые радиометрия была применена для определения бактерий *Levin* и используется в клинической микробиологии, однако, в некоторых случаях она применима и для контроля качества продуктов и питьевой воды [26]. Previte использовал этот метод для определения присутствия *Salmonella aureus*, *Salmonella typhimurium*, *Clostridium botulinum* и спор гнилостного анаэроба 3679 на говядине [36].

Серотипирование является наиболее распространённым методом для определения присутствия грамотрицательных бактерий, таких как *Salmonella* и *Esherichia*. Из грамположительных бактерий этим методом лучше всего определяются бактерии рода *Listeria*. Серологическая классификация сальмонелл была начата Kauffmann в начале 1940-х гг. [19].

Обогащительный серологический метод. 1–2 тест на сальмонелл схож с обогащительным серологическим методом, основанном на взаимодействии антител со штаммами сальмонелл, имеющими жгутики [19].

Радиоиммунологический анализ. Метод заключается в радиоактивном мечении антигенов, которые затем взаимодействуют с антителами [1].

В широком смысле иммунохроматографическая аналитическая система обозначает продольное или поперечное стекание культуральной жидкости по пластине-носителю, содержащей антитела, с прохождением иммунохимической реакции. Разработка иммунографических систем для обеспечения безопасности пищевой продукции и повышения контроля качества открывает новые направления исследований.

Активно разрабатываются и методы Люминесценции для определения микроорганизмов, контаминирующих сырье и продукты животного происхождения. Широко применяются физические методы контроля: измерение сопротивления, биосенсоры, микрокалориметрия, проточная цитометрия.

Метод жидкостной хроматографии и tandemной масс-спектрометрии. Жидкостная хроматография и tandemная масс-спектрометрия представляют собой метод аналитической химии, который

объединяет физические возможности разделения жидкостной хроматографии с возможностями масс-анализа масс-спектрометрии. В то время как жидкая хроматография разделяет смеси с несколькими компонентами, масс-спектрометрия обеспечивает структурную идентичность отдельных компонентов с высокой молекулярной специфичностью и чувствительностью обнаружения [51]. Этот tandemный метод может быть использован для анализа биохимических, органических и неорганических соединений, обычно встречающихся в сложных образцах экологического и биологического происхождения. Поэтому LC-MS может применяться в широком спектре секторов, включая биотехнологию, мониторинг окружающей среды, пищевую промышленность, фармацевтическую, агрохимическую и косметическую промышленность [73]. Так, шведские ученые при помощи LC-MS провели количественный анализ церегулированного токсина *Bacillus cereus* в рисе и макаронах [74]. LC-MS также используется для анализа натуральных продуктов и профилирования вторичных метаболитов в растениях [75].

PAGE – метод фракционирования смесей белков в полиакриламидном геле в соответствии с их электрофоретической подвижностью. Разделение белков, которое необходимо для идентификации токсинов в пищевых продуктах, проводят с помощью жидкостной хроматографии, но также используются методы на основе геля. Анализ бактериальной секреции белков позволяет выявить роль секретруемых, мембранных и клеточных белков в патогенности [76]. В одном из таких исследований для анализа секретов резистентного к метициллину штамма *Staphylococcus aureus* использовали натрий-додецилсульфатный полиакриламидный гель-электрофорез (SDS PAGE) и сильное катионообменное фракционирование, объединенное с tandemной масс-спектрометрией. Было идентифицировано в общей сложности 174 различных энтеротоксинов [77].

Для оценки патогенности и токсигенности выделенных штаммов микроорганизмов разработаны методы биотестирования на лабораторных животных и на клеточных культуральных системах.

Для своевременной оценки безопасности сырья и продукции принципиальное значение имеет время получения результатов. Так, проточный цитофлуориметр BD FACSMicroCount позволяет проверить сырье, промежуточный и конечный продукт в течение 24 ч. Метод позволяет проводить количественный учет как микроорганизмов – контаминантов, так и необходимых для технологического процесса микроорганизмов. Например, подсчет пробиотических молочнокислых бактерий. Флуоресцентный краситель нуклеиновых кислот проникает в мембрану и связывается с нуклеиновыми кислотами, а дополнительный реагент связывается со свободным флуоресцентным

красителем в растворе не попавшим в погибшие клетки и останавливает флуоресценцию. Сфокусированный лазерный луч с длиной волны 639 нм сталкивается с меченым микроорганизмом, а датчики светорассеяния и флуоресценции в оптической системе формируют графическое отображение результатов анализа

Все вышеперечисленные методы часто трудоемки и длительны, а идентификация за пределами родового уровня часто затруднена. К примеру, они позволяют выявить сальмонеллы и листерии в продуктах питания в течение четырех-пяти дней, биохимическая и серологическая идентификации дополнительно занимают два-три дня. Таким образом, определить насколько опасен продукт можно уже после того, как он поступит в продажу и к потребителям.

2. *Использование метода ПЦР для анализа микробных сообществ.* Среди методов идентификации биологических образцов микроорганизмов наибольшее распространение получили методы, основанные на анализе структуры ДНК. Прогресс в освоении методов ДНК-диагностики послужил стимулом для разработки и внедрения в практику высокочувствительных методик оценки качества и экспертизы продуктов питания, основанных на методе ПЦР.

В методе ПЦР с обратной транскрипцией (ОТ-ПЦР) маркером жизнеспособности бактерий служит недолго живущий ген – специфичная мРНК, с помощью которой можно выделить патогенные бактерии, в том числе сальмонеллы и листерии и санитарно-показательные микроорганизмы, например, *Enterococcus faecalis* и др.

Молекулярно-генетические методы метагеномного анализа состава бактериального сообщества позволяют выявлять микроорганизмы в пищевых продуктах без предварительного культивирования и без выделения видоспецифических фрагментов по суммарной ДНК и амплификации генов, кодирующих рРНК. Для большинства бактерий уже существуют банки данных для последовательностей рРНК и генов, их кодирующих. В настоящее время методы с использованием ПЦР и праймеров на основе прямого секвенирования частиц или почти полных 16S и 23S ДНК широко используются для идентификации как некультивируемых форм известных бактерий, так и неизвестных микроорганизмов, которые не могут расти на обычных питательных средах и в используемых условиях культивирования.

Основные молекулярно-биологические методы, используемые для дифференциации и идентификации организмов, можно разделить на три категории: методы, базируемые на рестрикции, на амплификации (ПЦР) и на совокупности последних.

К первой группе относится техника RFLP, которая заключается в фрагментировании нативной ДНК исследуемого организма с помощью ферментов рестриктаз и последующим

разделении полученных фрагментов при помощи Пульс-Гель Электрофореза (PFGE) [4]. Обладая оригинальным принципом разделения фрагментов ДНК в геле, тем не менее данный метод весьма трудоемок на стадии получения и рестрикции целой нефрагментированной ДНК.

Ко второй группе относятся такие техники, как: AP-ПЦР – случайная ПЦР, осуществляемая без знания нуклеотидной последовательности организма, основанная на геномном распределении случайных повторов [5]; гер-ПЦР – техника представляет собой комплекс праймеров на часто повторяющиеся в геномах энтеробактерий последовательности, получившие названия [6]; микросателлитная ПЦР – техника, основанная на геномном распределении микросателлитных последовательностей типа (GC)₄, (GTG)₅ [7–9]; тРНК-ПЦР – техника, основанная на геномном распределении консервативных участков генов тРНК [10]; IS-ПЦР – техника, основанная на геномном распределении последовательностей мобильных элементов, встречаемых в геноме исследуемого организма *guyB* [11, 12]; ПЦР анализ с праймерами на целевые гены (такими генами могут быть гены домашнего хозяйства (housekeeping) [13–16], рибосомальный кластер (16S рРНК, межгенная область, расположенная между генами 16S рРНК и 23S рРНК, 23S рРНК) [17], а также симбиотические гены (sym-гены, pod-гены) [18, 19], гены патогенности (hrg) [20–22] и др.), секвенирование ДНК [23].

К третьей группе методов относятся: AFLP и его различные модификации [24, 25]. saAFLP – техника, основанная на сопоставлении длин амплифицированных фрагментов, получаемых путем первоначального фрагментирования общей ДНК организма ферментами рестриктазами, затем легирования полученных рестрикционных фрагментов с короткими (10–30 п. о.) двухцепочечными нуклеотидными последовательностями (адаптерами) и последующей ПЦР с праймерами, нуклеотидные последовательности которых комплементарны последовательностям адаптеров. ПЦР-RFLP – техника, основанная на сопоставлении длин рестрикционных фрагментов целевых генов, накопленных предварительно в большой концентрации путем ПЦР [26, 27].

У каждого из этих методов есть свои преимущества и недостатки, однако, их совокупное использование позволяет обеспечить высокую достоверность идентификации и последующей дифференциации таксономических порядков разного уровня.

Известна методика, основанная на амплификации, секвенировании и/или рестрикции межгенного региона рибосомального кластера 16S рРНК и 23S рРНК, позволяющая одновременно определять, идентифицировать и дифференцировать различные таксоны прокариот.

Известны методические указания, устанавливающие метод ускоренного выявления (посредством

ПЦР с гибридизационно-флуоресцентной детекцией) в пищевых продуктах патогенных бактерий – возбудителей острых и хронических инфекционных заболеваний с пищевым путем передачи (родов *Salmonella*, *Shigella* (в комплексе с энтероинвазивными *E. coli*), вида *Enterobacter (Cronobacter) sakazakii*, энтерогеморрагических веротоксигенных *Escherichia coli*, термофильных *Campylobacter* spp. видов *C. jejuni*, *C. coli*, *C. lari*, а также *Listeria monocytogenes*) [27]. Представленный в настоящих указаниях метод является альтернативным классическому бактериологическому посеву и предусматривает ускоренное определение наличия или отсутствия ДНК и, соответственно, бактерий в определенной массе (объеме) пищевого продукта, подвергнутого инкубации в жидких селективных питательных средах (при необходимости дополнительно прединкубации в неселективных средах).

Принципом метода является выявление путем ПЦР с гибридизационно-флуоресцентной детекцией последовательностей (фрагментов) ДНК, строго специфических для геномов бактерий. В основе ПЦР лежит многократное увеличение числа копий (амплификация) нуклеотидных фрагментов – мишеней ДНК, ферментом Taq-полимеразой в присутствии синтетических олигонуклеотидных праймеров и дезоксирибонуклеозидтрифосфатов. Так, например, гибридизация флуоресцентно-меченых олигонуклеотидных зондов, присутствующих в составе реакционной смеси, с комплементарным участком амплифицируемой ДНК-мишени сопровождается нарастанием флуоресценции. Измерение интенсивности флуоресцентного сигнала позволяет регистрировать накопление специфического продукта амплификации.

Все диагностические системы, основанные на амплификации нуклеиновых кислот, значительно чувствительнее других методик. Так, метод ПЦР позволяет обнаружить в образце одиночные молекулы нуклеиновых кислот микроорганизма за достаточно короткое время [29–30].

Не менее важной характеристикой диагностических методов является специфичность, поскольку необходимо свести к минимуму фоновые сигналы и устранить ложноположительные результаты в образцах, которые зачастую представляют собой сложную смесь органических и неорганических соединений. При этом «неспецифика» может также возникать в случае наличия в пробах высоких концентраций конкурирующих антигенов или фрагментов ДНК. В случае с методами, основанными на ПЦР, высокая чувствительность может быть их слабым местом вследствие возможной контаминации образца и получения ложноположительного результата из-за ингибирования работы полимеразы различными веществами, включая гуминовые кислоты и гем.

Другим важным требованием к диагностическим методам является их воспроизводимость. На этот

параметр может влиять целый ряд факторов, таких как стабильность реагентов и различия в условиях анализа.

Таким образом, использование ПЦР имеют целый ряд очевидных преимуществ перед традиционными методами исследования идентификационных генетических маркеров:

- более высокая информативность;
- возможность проводить в едином комплексе исследование значительного числа генетических маркеров, в том числе различных по их экспертной функции (например, маркеров полиморфных локусов), что методически удобно и обеспечивает экономное расходование экспертного материала и максимальную сопоставимость результатов исследования;
- применение праймеров, специфичных для ДНК микроорганизмов, позволяет избежать актуальной для иммунологических методов проблемы ложноположительных результатов вследствие загрязнения;
- вещества, содержащиеся в предмете-носителе, в ряде случаев могут приводить к отрицательному результату типирования за счет ингибирования ПЦР. Однако в иммунологических методах влияние предмета-носителя может создавать риск получения ложноположительного результата, что более опасно;
- результаты ДНК-анализа наглядны; легко документируются, что позволяет сохранить и предоставить первичные материалы. Это обеспечивает высокую достоверность данных, а, следовательно, повышает ценность экспертного заключения;
- метод ПЦР хорошо поддается автоматизации, тем самым обеспечивается высокая пропускная способность метода, стандартность выполнения процедуры, сведение к минимуму риска ошибок за счет субъективного фактора.

3. Развитие современных технологий высокоточного секвенирования ДНК микробных сообществ. Секвенирование следующего поколения (NGS) в совокупности описывает несколько технологий, которые обеспечивают массовое параллельное секвенирование гетерогенных фрагментов ДНК. Данный метод применим к мониторингу микробного сообщества, который заключается в амплифицировании коротких фрагментов ДНК с использованием универсальных PCR-праймеров, нацеленных на известные маркерные гены, преимущественно прокариотические 16S rRNA и грибковые ITS гены. На данный момент только две системы NGS используются для профилирования микробных сообществ: это секвенирующие платформы 454 Life Sciences пиросеквенирование [28] и Illumina [29].

NGS обеспечивает представление о составе микробных популяций и показывает, что улучшение и применение таких методов в пищевой микробиологии может быть отличным способом для детального анализа микробиологического качества пищи. Идентификация критических этапов

производственного процесса может иметь большое значение для контроля микробной нагрузки и предлагать решения для безопасного производства продуктов питания [30].

Общий принцип методов секвенирования нового поколения, основанных на предварительной амплификации матриц, приблизительно одинаков независимо от реагентно-аппаратной базы. Он включает: стадию получения библиотек, заключающуюся в получении небольших фрагментов ДНК и введении в их состав адаптерных нуклеотидных последовательностей для закрепления на носителе и отжига специфических праймеров для секвенирования; стадию иммобилизации полученных фрагментных библиотек на микросферах или поверхности проточной ячейки с последующей амплификацией с помощью эмульсионной или мостиковой PCR соответственно; стадию гибридизации специфических праймеров с адаптерными участками и непосредственно секвенирования.

При этом подходе прочтение последовательности всегда связано с достройкой комплементарной цепи. Причем достройка может осуществляться либо путем синтеза новой цепи, либо путем легирования. Достройка цепи сопровождается испусканием сигнала, природа которого зависит от типа платформы для секвенирования. Сигнал регистрируется прибором, который переводит его в последовательность нуклеотидов.

Преимущества NGS в отношении методов профилирования первого поколения, таких как DGGE и TRFLP, многочисленны. Все системы секвенирования следующего поколения за один прогон читают сразу несколько участков генома. Таким образом, NGS позволяет сравнивать сообщества по филогенетическому сходству [32].

NGS – это постоянно развивающаяся технология и наряду с ее многочисленными преимуществами возникают новые проблемы для анализа. Основными проблемами являются: вычислительный анализ, мощность и хранение полученных данных. Множественные результаты, полученные на платформах NGS, затрачивают гигабайты памяти на жестком диске и значительные вычислительные мощности для обработки этих файлов. Требования к этим параметрам растут параллельно с увеличением охвата чтения [30].

Все модификации NGS можно поделить на две большие группы: первый тип методов основан на секвенировании заранее амплифицированных фрагментов ДНК из пробы, второй тип связан с прочтением первичной последовательности единичных молекул. Некоторые из них достаточно экзотичны. Например, чтение нуклеотидных остатков ДНК электронным или оптическим способом по мере того, как молекула «протискивается» через нанопору. Длинный перечень улучшений системы капиллярного электрофореза в сочетании с возрастающей автоматизацией и усовершенствованием програм-

ного обеспечения позволили снизить стоимость секвенирования в 13 раз с тех пор, как первые автоматические секвенаторы появились в прошлом десятилетии.

Пиросеквенирование или 454-секвенирование, появившееся первым из всех методов NGS, использует для детекции светового сигнала, возникающего при достройке комплементарной цепи ДНК [32–34], в то время как полупроводниковое секвенирование основано на фиксации изменения pH, происходящего вследствие отщепления протона при образовании фосфодиэфирных связей при достройке цепи [35–38].

Третий вариант — это секвенирование путем лигирования, при котором детектируется флуоресцентный сигнал, возникающий в процессе достройки комплементарной цепи в ячейке. Через неё пропускают смесь, содержащую лигазу и специальные флуоресцентно меченные нуклеотидные зонды (октамеры) [39]. Наиболее распространенным вариантом является секвенирование путем синтеза с использованием обратимо терминированных флуоресцентных нуклеозидтрифосфатов. Амплификация проводится внутри проточной пористой ячейки, через которую пропускаются реагенты для синтеза ДНК [40]. В результате амплификации с использованием мостиковой ПЦР внутри каналов ячейки генерируются кластеры копий исходных фрагментов библиотеки, каждый из которых соответствует одному прочтению. Высокая плотность кластеров (до 800–900 тыс. на мм²) обеспечивает максимально большой объем получаемых данных. Затем полученные кластеры молекул ДНК секвенируются по принципу, сходному с секвенированием по методу Сэнгера [41, 42].

К недостаткам методов высокопроизводительного секвенирования, основанных на предварительной амплификации ДНК-фрагментов, можно отнести:

1. ошибки в гомополимерных участках и местах, где имеются однонуклеотидные полиморфизмы; сложности разрешения в повторах;
2. зависимость точности прочтения от GC-состава фрагментов ДНК и т. д. [43–45].

Поэтому в настоящее время разрабатывают альтернативные методы секвенирования, в частности мономолекулярное секвенирование.

Одна из технологий мономолекулярного секвенирования основана на пропуске секвенируемого участка ДНК через активный центр ДНК-полимеразы. Высококонтрастной CCD-камерой фиксируется сигнал от присоединения флуоресцентно меченого нуклеотида, попадающего в активный центр ДНК-полимеразы в процессе достройки комплементарной цепи. При присоединении нуклеотида флуоресцентная метка отщепляется и сигнал падает до фонового уровня. Затем в активный центр попадает следующий нуклеотид, и цикл повторяется [46]. Используемая в этой технологии ДНК-полимераза

фага φ29 высокопроцессивна, скорость ее работы составляет около 10 нуклеотидов в секунду. Эта технология позволяет прочитывать длинные молекулы ДНК (до 10–20 тыс. п. о.) и имеет целый ряд практических приложений [47–53]. Другим вариантом мономолекулярного секвенирования является секвенирование с использованием мембран с нанопорами: если мембрану, содержащую такие поры, поместить в электрофоретическую ячейку, то одноцепочечные молекулы ДНК могут протягиваться через пору. При этом происходит изменение силы тока, проходящего через мембрану [54]. При таком протягивании в зависимости от типа нуклеотида происходит определенное по амплитуде и продолжительности изменение силы тока, что дает возможность определить, какой именно нуклеотид находится в полости поры именно сейчас.

В настоящее время существует только одна коммерческая серия компактных приборов, в которых реализована данная стратегия секвенирования (MinION компании Oxford Nanopore Technologies, Великобритания). Они распространяются в рамках программы раннего доступа [55].

К безусловным преимуществам нанопорового секвенирования относится возможность делать длинные прочтения без покупки дорогостоящего оборудования. В качестве недостатков отмечают высокую частоту ошибок: 12–20 % [62].

Однако в настоящий момент все больше исследователей признают перспективность нанопорового секвенирования для метагеномных исследований, секвенирования небольших геномов, идентификации вирусных и бактериальных инфекционных агентов.

Современные методы секвенирования ДНК также можно условно разделить на три основных вида: классические – секвенирование с помощью капиллярного электрофореза и пиросеквенирование; новые («второго» поколения – Next Generation Sequencing – NGS) – проводят одновременно секвенирование миллионов фрагментов ДНК, каждый из которых представлен кластером из многих тысяч или сотен тысяч своих клонов – это высокопроизводительное пиросеквенирование, циклическое лигазное и полупроводниковое секвенирование, секвенирование на молекулярных кластерах с использованием флуоресцентно меченых предшественников; новейшие («третьего» поколения – Next-Next Generation Sequencing – NNGS) методы секвенирования, которые считывают информацию с миллионов единичных фрагментов ДНК без их предварительного клонирования [57].

3.1. Современные стратегии идентификации патогенов с использованием NGS. Основными группами патогенов, представляющих наибольшую опасность для человека, являются бактерии и вирусы. Другие патогены, такие как грибы или протисты, не менее опасны, однако, обычно не требуют генетического анализа для идентификации.

На сегодняшний день основным приемом, позволяющим охарактеризовать разнообразие микроорганизмов в пробе, является метагеномный анализ. Подобный анализ стал возможным (и даже рутинным) благодаря разработке методов высокопроизводительного секвенирования. Биоразнообразие пробы характеризуют с помощью двух стратегий: таргетного секвенирования выбранных маркерных участков и полноценного тотального секвенирования метагенома.

Первый способ существенно проще технически, требует меньших временных и финансовых затрат на подготовку образцов, секвенирование и обработку данных. Однако он имеет существенное ограничение: позволяет провести только оценку разнообразия, тогда как второй способ позволяет получить исчерпывающую информацию о составе и генетических свойствах конкретного сообщества.

Обычно в качестве маркерных участков в метагеномных образцах используют участки генов 16S или 18S рРНК у прокариот и эукариот или ITS-участки грибов [79–81].

В зависимости от задачи маркерные участки могут быть и иными. К примеру, для характеристики резистома в метагеномном образце используют участки генов устойчивости к антибиотикам.

Второй способ требует существенно больших временных и финансовых затрат, но при тотальном секвенировании метагеномов получают полногеномные данные, представляющие собой различные фрагменты ДНК организмов, содержащихся в анализируемом метагеномном образце, на основе которых впоследствии собирают референсный геном.

Анализируют подобные данные тремя различными способами. Первый способ предусматривает сравнение определенных маркерных последовательностей генов с известными последовательностями базы данных для подобных генов определенных организмов [82–84]. Второй способ основан на кластеризации всех чтений образца по таксономическим группам, например, на основе их сходства с известными полногеномными последовательностями [85–88].

Наконец, третий способ связан со сборкой полученных контигов в целые гены или даже геномы *de novo* [88, 90].

В случае с идентификацией новых патогенов группа методов анализа данных тотального секвенирования метагенома может быть наиболее важной, поскольку позволяет не только оценить биоразнообразие образца, но и идентифицировать в его составе отдельные гены.

Таким образом, оба подхода имеют свои достоинства и ограничения: секвенирование маркерных участков позволяет быстро и с небольшими материальными затратами установить разнообразие генетического материала в образце, тогда как результаты тотального секвенирования метагенома позволяют получить исчерпывающую

информацию о патогенных детерминантах (метатоксиком, метарезистом и пр.). Большая часть этой информации не будет представлять ценности, но позволит не упустить генетические элементы, обуславливающие эпидемическое значение патогенов в составе образца. Целесообразно заменять полногеномный анализ сложным реагентным комплексом, состоящим из нескольких сотен олигонуклеотидных последовательностей, комплементарных наиболее важным и эпидемически значимым патогенным детерминантам, что позволит ускорить и удешевить процедуру метагеномной характеристики образца. Использование тотального/полногеномного секвенирования может быть оправдано в отдельных сложных случаях уже после первичной детекции для подробной характеристики генетических особенностей смешанного образца или уже изолированного патогена.

Существующие методы NGS идеально подходят для анализа, идентификации и расшифровки генома выделенных в чистую культуру прокариотических организмов и открывают новые возможности в области идентификации неизвестных патогенов в смеси микроорганизмов. Определенную сложность при метагеномной характеристике образцов на предмет содержания в них прокариотических организмов представляют выявление фактов горизонтального переноса генов от одного члена метагенома к другому и корректное распределение информации по отдельным представителям микробного сообщества.

Решением этих проблем для хромосомных генетических элементов является повышение степени покрытия отдельными рядами хромосомных последовательностей отдельных компонентов метагенома.

Фактором, определяющим качество получаемой в результате секвенирования информации, является пробоподготовка образца. Ее влияние прослеживают, анализируя особенности идентификации вирусов.

Использование секвенирования по Сэнгеру позволяет «считывать» последовательности до 1000 пар нуклеотидов и применяется для небольших фрагментов генома/генов. Оно используется для:

1. секвенирования отдельных участков генома с целью анализа мутаций и полиморфизмов;
2. идентификации вирусов и организмов (бактерий, растений, грибов и животных);
3. валидации данных, полученных на платформах NGS;
4. микросателлитного анализа;
5. анализа делеций и инсерций (малых и протяженных).

Наиболее популярными секвенаторами, использующими технологию секвенирования по Сэнгеру, являются приборы, производимые компанией Thermo Fisher Scientific: 3730xL, 3730, 3500xL, 3500, 3130xL, 3130, 310. Следует отметить, что все описанные выше типы исследований

сейчас можно проводить с помощью NGS, однако, главные плюсы секвенирования по Сэнгеру – высокая точность (достоверность) полученных данных и невысокая стоимость работ при анализе небольшого количества ДНК-фрагментов – сохраняют актуальность этого типа определения последовательности нуклеиновых кислот.

За последние полтора десятилетия были разработаны, коммерциализированы и продолжают успешно развиваться совершенно новые технологии определения последовательности нуклеиновых кислот, в основе которых лежит стремление к миниатюризации, автоматизации, увеличению объема получаемых данных, а также удешевлению процесса. Появление NGS впервые позволило значительно ускорить и удешевить определение полной последовательности миллионов геномов организмов, начиная от бактерий и заканчивая человеком. Более того, появилась реальная возможность одновременно оценивать экспрессию (работу) тысяч генов в организмах, тканях и единичных клетках (секвенирование транскриптомов), а также анализировать регуляцию их активности (анализ экспрессии микроРНК и метилирования генома). В настоящее время на рынке представлено сразу несколько разработок, позволяющих определять последовательность полных геномов организмов, проводить анализ экспрессии генов и метилирования генома. Эти подходы реализуются на секвенаторах нового поколения производства коммерческих компаний Illumina, Thermo Fisher Scientific, Pacific Biosciences и Oxford Nanopore Technologies. Часть разработанных платформ уже ушли с рынка (например, GS FLX, 454/Roche или HeliScope/Helicos Bioscience). Другие, пройдя несколько реинкарнаций и модификаций, прочно закрепились на нем (Illumina и Thermo Fisher Scientific). Третьи только нащупывают почву, намереваясь занять свою нишу и найти своего потребителя (например, Oxford Nanopore Technologies).

Секвенирование следующего поколения произвело революцию в пищевой микробиологии за счет разработки новых высокопроизводительных технологий, таких как микробиологическое профилирование на основе 16S rRNA и секвенирование методом дробовика, которые были использованы для исследования состава микробиоты различных пищевых продуктов [58].

Метод дробовика. Метод прекращения цепочки секвенирования ДНК (или «секвенирование по Сэнгеру») может использоваться только для довольно коротких нитей от 100 до 1000 пар оснований. Более длинные последовательности фрагментируются на более мелкие фрагменты, которые могут быть секвенированы отдельно, а затем они повторно собираются для получения общей последовательности. Для этого используются два основных метода: праймер-опосредованная прогулка (или «прогулка по хромосоме»), при которой праймер продвигается вперед по всей цепочке «шаг за шагом», и метод дробовика, который является более

быстрым, но более сложным процессом, и использует случайные фрагменты [65].

Метод дробовика заключается в том, что ДНК разбивается случайным образом на многочисленные мелкие фрагменты, которые секвенируются с использованием метода обрыва цепи. Исходную последовательность восстанавливают при помощи компьютерного анализа перекрывающихся ридов [66].

Технология секвенирования методом дробовика была использована группой американских ученых в качестве инструмента для обнаружения патогенных бактерий в образцах, взятых с разных этапов обработки производства говядины [87].

Метод с использованием FPP. Он был разработан итальянскими учеными на базе лаборатории пробиогеномики Пармского университета. Они разработали новый метод обнаружения возбудителей болезней пищевого происхождения, основанный на параллельном секвенировании множественных ампликонов, подход, который рительно отличается от метода микробиологического профилирования на основе 16S rRNA, поскольку последний опирается на секвенирование одного гена. Этот новый подход к обнаружению возбудителей болезней пищевого происхождения основан на комплекте праймеров под названием «панель пищевых патогенов» (FPP), которая генерирует специфические ампликоны, предназначенные для секвенирования на платформе Illumina. Подход FPP предназначен для отслеживания возбудителей болезней пищевого происхождения в естественно загрязненных пищевых образцах [88].

Метод ddPCR. Метод ddPCR представляет собой биотехнологическое усовершенствование обычных методов полимеразной цепной реакции, которые могут быть использованы для непосредственного количественного определения и клонирования амплификации нитей нуклеиновых кислот, включая ДНК, κДНК или РНК [90]. Ключевое различие между ddPCR и традиционной PCR заключается в способе измерения количества нуклеиновых кислот. Первый из них является более точным методом, хотя также более подвержен ошибкам в руках неопытных пользователей. PCR выполняет одну реакцию на один образец. ddPCR также выполняет одну реакцию в пробе, однако, образец разделяют на большое количество частей и реакцию проводят в каждой части индивидуально. Это разделение позволяет получить более достоверный результат и более чувствительное измерение количества нуклеиновой кислоты [69].

На данный момент этот метод был применен для анализа генетически модифицированных организмов в кормах для животных, обнаружения и количественного определения патогенных бактерий, таких как *Salmonella spp.*, *Campylobacter jejuni* и *Listeria monocytogenes* в окружающей среде [71], мониторинга динамики микробных популяций в почвах с различным уровнем популяций [72].

3.2. Использование высокопроизводительного анализа ДНК для контроля качества молочной

и масложировой продукции. Загрязнение молочных продуктов при транспортировке, обработке или хранении патогенными для человека микроорганизмами, такими как *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* и *Salmonella enterica*, часто приводит к тяжелым болезням пищевого происхождения [78]. Молочные продукты характеризуются малым сроком годности, поскольку они являются прекрасной средой для выращивания широкого спектра микроорганизмов [79]. Стафилококковое пищевое отравление является одним из самых распространенных во всем мире, а молочные и молочнокислые продукты обычно связаны со вспышками этого заболевания. Один нанограмм стафилококкового энтеротоксина на грамм загрязненной пищи может вызывать симптомы пищевого отравления. Обнаружение контаминации пищевых продуктов болезнетворными микроорганизмами на стадиях производства имеет важное социальное значение. Так в Эфиопии, регионе Тиграй, в котором наблюдается высокое распространение энтеротоксигенного *S. aureus*, в 2016 году было проведено исследование распределения генов стафилококковых энтеротоксинов. При помощи секвенирования гена стафилококкового белка А (spa) в сыром коровьем молоке и молочных продуктах из 549 образцов молочной продукции 160 (29,1 %) были положительными для *S. aureus* [80].

Исследователи из Пакистана, где загрязнение продуктов питания различными микроорганизмами является повсеместной и серьезной проблемой, провели работу, направленную на то, чтобы изолировать и охарактеризовать загрязняющие бактерии из местного переработанного масла, основного продукта молочной промышленности в стране. Им удалось выделить и определить штамм *Enterococcus faecium* из коммерческого образца сливочного масла. Штамм был идентифицирован путем секвенирования последовательностей 16S и 23S рРНК генов [81].

Помимо загрязнения пищевых продуктов патогенными микроорганизмами, актуальна проблема роста микроорганизмов, вызывающих нежелательные реакции, которые ухудшают вкус, запах, цвет и сенсорные и текстурные свойства продуктов [82]. В связи с глобализацией торговли продуктами питания важной задачей производителей становится продление срока хранения продуктов. Споры и термофильные бактерии способны вызывать порчу продуктов питания и создают проблемы, связанные с безопасностью продукта [83]. Знание состава микробиома пищи имеет большое значение для определения безопасности и качества пищевого продукта. Секвенирование нового поколения (NGS) представляет собой интересный подход к пищевой микробиологии, позволяющий определять микробное сообщество непосредственно в образцах пищи [64]. Конкурентная борьба между производителями привела к устойчивым

техническим улучшениям и снижению затрат почти на всех платформах NGS. Это позволило широко использовать эти технологии и обеспечить более полное описание микробного сообщества, его взаимодействие и эволюцию [84]. Итальянские ученые при помощи NGS на базе Illumina, определили состав микробного сообщества сыра Ricotta и продемонстрировали наличие большой популяции спорообразующих бактерий, которая является основной причиной порчи продуктов до истечения предполагаемого срока годности. Штамм, принадлежащий группе *Bacillus cereus*, был идентифицирован в образцах сыра и являлся причиной быстрой порчи продукции. Также обнаружили, что споры *Bacillus cereus* были занесены из сырья, такого как сыворотка, и в сыре Ricotta нашли идеальные условия для прорастания и роста. Тепловая обработка при производстве и пастеризации могла поспособствовать активизации прорастания [85].

NGS обеспечивает представление о составе микробных популяций и показывает, что улучшение и применение таких методов в пищевой микробиологии может быть отличным способом для детального анализа микробиологического качества пищи. Идентификация критических этапов производственного процесса может иметь большое значение для контроля микробной нагрузки и предлагать решения для безопасного производства продуктов питания [85].

4. Анализ нормативной и методической литературы. Технические регламенты Таможенного союза разработаны с целью установления единых обязательных для применения и исполнения требований для масложировой и молочной продукции на единой таможенной территории Таможенного союза (Республика Беларусь, Республика Казахстан, Российская Федерация) и для обеспечения свободного перемещения выпускаемой продукции на данной территории Таможенного союза.

Основная цель – организация требований безопасности к качеству сырья, упаковки и выпускаемой продукции. Основные нормативно-методические литературные источники, касающиеся санитарно-микробиологических исследований пищевых субстратов это: ГОСТы, нормирующие микробиологические показатели молочной и масложировой продукции и методическая литература по определению микроорганизмов в продуктах питания.

В техническом регламенте прописаны единые нормы, в частности микробиологические показатели. Имеется 3 основных технических регламента применимых к безопасности молочных и масложировых продуктов:

- ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции»;
- ТР ТС 024/2011 «Технический регламент на масложировую продукцию»;
- ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции».

Гигиенические нормативы по микробиологическим показателям безопасности включают в себя следующие группы микроорганизмов:

1. санитарно-показательные, к которым относятся количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ), бактерии группы кишечных палочек – БГКП (колиформы), бактерии семейства *Enterobacteriaceae*, энтерококки;
2. условно-патогенные микроорганизмы, к которым относятся *E. coli*, *Staphylococcus aureus*, бактерии рода *Proteus*, *B. cereus* и сульфитредуцирующие клостридии, *Vibrio parahaemolyticus*;
3. патогенные микроорганизмы, в том числе сальмонеллы и *Listeria monocytogenes*, бактерии рода *Yersinia*; микроорганизмы порчи, к которым относятся дрожжи, плесневые грибы, молочнокислые микроорганизмы;
4. микроорганизмы заквасочной микрофлоры и пробиотические микроорганизмы (молочнокислые микроорганизмы, пропионовокислые микроорганизмы, дрожжи, бифидобактерии, ацидофильные бактерии и другие) в продуктах с нормируемым уровнем биотехнологической микрофлоры и в пробиотических продуктах.

Нормирование микробиологических показателей безопасности пищевых продуктов осуществляется для большинства групп микроорганизмов по альтернативному принципу – нормируется масса продукта, в котором не допускаются бактерии группы кишечных палочек, большинство условно-патогенных микроорганизмов, а также патогенные микроорганизмы, в том числе сальмонеллы и *Listeria monocytogenes*. В других случаях норматив отражает количество колониеобразующих единиц в 1 см (г) продукта (КОЕ/см (г)).

ГОСТы, нормирующие микробиологические показатели молочной и масложировой продукции:

– ГОСТ 31450-2013 «Молоко питьевое. Технические условия».

Настоящий стандарт распространяется на упакованное в потребительскую тару после термической обработки или термообработанное в потребительской таре питьевое молоко, изготавливаемое из коровьего сырого молока и/или молочных продуктов, и предназначенное для непосредственного использования в пищу. Контроль микроорганизмов осуществляется: для КМАФАнМ, БГКП (колиформы) – по ГОСТ 9225 и нормативным документам, действующим на территории государств, принявших стандарт; для *S. aureus* – по ГОСТ 30347 и нормативным документам, действующим на территории государств, принявших стандарт; для патогенных микроорганизмов – по ГОСТ 30519 и нормативным документам, действующим на территории государств, принявших стандарт; для листерий *L. monocytogenes* – по нормативным документам, действующим на территории государств, принявших стандарт.

– ГОСТ 31981-2013 «Йогурты. Общие технические условия».

В данном стандарте даются определения: «йогурт», «био йогурт» и «обогащенный йогурт», а также нормируются микробиологические параметры йогуртов. Определение микробиологических показателей осуществляется: для бактерий группы кишечных палочек – по ГОСТ 9225 и нормативным документам, действующим на территории государств, принявших стандарт; для дрожжей и плесеней – по ГОСТ 10444.12 и нормативным документам, действующим на территории государств, принявших стандарт; для *Staphylococcus aureus* – по ГОСТ 30347 и нормативным документам, действующим на территории государств, принявших стандарт; для бактерий рода *Salmonella* – по нормативным документам, действующим на территории государств, принявших стандарт; для молочнокислых микроорганизмов – по ГОСТ 10444.11 и нормативным документам, действующим на территории государств, принявших стандарт; для бифидобактерий – по нормативным документам, действующим на территории государств, принявших стандарт. – ГОСТ 31452-2012 «Сметана. Технические условия».

Настоящий стандарт распространяется на упакованную в потребительскую тару сметану, изготавливаемую из сливок коровьего молока с добавлением молочных продуктов или без их добавления, и предназначенную для непосредственного использования в пищу. Определение микробиологических показателей осуществляется: для бактерий группы кишечных палочек – по ГОСТ 9225 и нормативным документам, действующим на территории государств, принявших стандарт; для дрожжей и плесеней – по ГОСТ 10444.12 и нормативным документам, действующим на территории государств, принявших стандарт; для *Staphylococcus aureus* – по ГОСТ 30347 и нормативным документам, действующим на территории государств, принявших стандарт; для бактерий рода *Salmonella* – по ГОСТ 30519 и нормативным документам, действующим на территории государств, принявших стандарт; для молочнокислых микроорганизмов – по ГОСТ 10444.11 и нормативным документам, действующим на территории государств, принявших стандарт. – ГОСТ 31453-2013 «Творог. Технические условия».

В настоящем стандарте применен следующий термин с соответствующим определением: творог – кисломолочный продукт, произведенный с использованием заквасочных микроорганизмов – лактококков или смеси лактококков и термофильных молочнокислых стрептококков и методами кислотной или кислотно-сычужной коагуляции белков с последующим удалением сыворотки путем самопрессования и/или прессования. Определение микробиологических показателей регламентируется теми же нормативными документами, что и ГОСТ 31452-2012 и ГОСТ 31981-2013 (см. выше).

– ГОСТ Р 52686-2006 «Сыры. Общие технические условия».

Настоящий стандарт распространяется на сыры и сырные продукты, предназначенные для непосредственного употребления в пищу или дальнейшей переработки. Определение микробиологических показателей осуществляется: для бактерий группы кишечных палочек – по ГОСТ 9225; для *Staphylococcus aureus* – по ГОСТ 30347; для патогенных микроорганизмов – по ГОСТ 30519; для *Listeria monocytogenes* – по ГОСТ Р 51921 и МУК 4.2.1122-2002.

– ГОСТ Р 53512-2009 «Продукты сырные. Общие технические условия».

Настоящий стандарт распространяется на сырные продукты, предназначенные для непосредственного употребления в пищу или дальнейшей переработки. Определение микробиологических показателей осуществляется по тем же нормативным документам, что и в ГОСТ Р 52686-2006.

– ГОСТ 32261-2013 «Масло сливочное. Технические условия».

Настоящий стандарт распространяется на сливочное масло, изготавливаемое из коровьего молока и/или молочных продуктов и побочных продуктов переработки молока, предназначенное для непосредственного употребления в пищу, кулинарных целей и использования в других отраслях пищевой промышленности. Определение микробиологических показателей осуществляется: для мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов и бактерий группы кишечных палочек – по ГОСТ 9225; для *Staphylococcus aureus* – по ГОСТ 30347; для патогенных микроорганизмов – по ГОСТ 30519; для плесневых грибов и дрожжей – по ГОСТ 10444.12; для *Listeria monocytogenes* – по нормативным документам, действующим на территории государства, принявшего стандарт.

– ГОСТ 31761-2012 «Майонезы и соусы майонезные. Общие технические условия (с Поправкой)».

Настоящий стандарт распространяется на майонезы и майонезные соусы, представляющие собой эмульсионные продукты, изготовленные из пищевых растительных масел и воды, с добавлением эмульгирующих и вкусовых ингредиентов, подкислителей и других пищевых добавок. Определение микробиологических показателей осуществляется: для дрожжей и плесневых грибов – по ГОСТ 10444.12; для бактерий группы кишечной палочки – по ГОСТ 9225, ГОСТ 31747; для патогенных микроорганизмов – по ГОСТ 31659.

– ГОСТ 1129-2013 «Масло подсолнечное. Технические условия (с Поправкой)».

Настоящий стандарт распространяется на подсолнечное масло, предназначенное для непосредственного употребления в пищу, производства пищевых продуктов, в том числе для детского питания и промышленной переработки.

Определение микробиологических показателей осуществляется по нормативному документу, действующему на территории государства, принявшего стандарт.

ГОСТы по применению молекулярно-генетических методов при анализе пищевой продукции:

– ГОСТ 20837-2013 «Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Полимеразная цепная реакция (ПЦР) для обнаружения патогенных микроорганизмов в пищевых продуктах. Требования к подготовке образцов для качественного обнаружения».

В настоящем стандарте приводятся критерии и примеры подготовки образцов для получения ПЦР-совместимых образцов или нуклеиновых кислот, качество и количество которых достаточны для использования в ПЦР. В стандарте описаны общие принципы процесса подготовки образцов. Настоящий стандарт распространяется на пищевые продукты, а также в случае необходимости при некоторой адаптации применим к кормам и к пробам окружающей среды.

– ГОСТ 22118-2013 «Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Полимеразная цепная реакция (ПЦР) для обнаружения и количественного учета патогенных микроорганизмов в пищевых продуктах. Технические характеристики».

Настоящий стандарт устанавливает минимальные требования к характеристикам для обнаружения последовательностей нуклеиновых кислот (ДНК или РНК) молекулярными методами. Настоящий стандарт распространяется на обнаружение патогенных микроорганизмов в пищевых продуктах и, полученных из них, изолятах с помощью методов молекулярного обнаружения, основанных на полимеразной цепной реакции (ПЦР). Настоящий стандарт применим также для обнаружения патогенных микроорганизмов в пробах из окружающей среды и кормов для животных.

– ГОСТ 22119-2013 «Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Полимеразная цепная реакция (ПЦР) в режиме реального времени для определения патогенных микроорганизмов в пищевых продуктах. Общие требования и определения».

Настоящий стандарт определяет условия для обнаружения патогенных микроорганизмов в пищевых продуктах и, полученных из них, изолятов с помощью полимеразной цепной реакции (ПЦР). Настоящий стандарт также определяет требования к амплификации и обнаружению последовательности нуклеиновых кислот (ДНК или РНК после обратной транскрипции) при проведении ПЦР в реальном времени. Минимальные требования, изложенные в настоящем стандарте, являются основой для сопоставления и воспроизведения результатов в отдельных лабораториях и между различными лабораториями. Настоящий стандарт также

применим, например, для обнаружения пищевых патогенных микроорганизмов в пробах окружающей среды и кормов для животных.

– ГОСТ 52833-2007 «Микробиология пищевой продукции и кормов для животных. Метод полимеразной цепной реакции (ПЦР) для определения патогенных микроорганизмов. Общие требования и определения».

Настоящий стандарт устанавливает общие требования и определения для амплификации последовательностей нуклеиновых кислот (ДНК и РНК) *in vitro*. Стандарт может быть применен для испытаний пищевых продуктов, кормов для животных и, полученных из них, изолятов на наличие патогенных микроорганизмов с использованием полимеразной цепной реакции. Минимальные требования, установленные в настоящем стандарте, предназначены для обеспечения сопоставимости и воспроизводимости результатов, полученных в разных лабораториях.

– ГОСТ Р 56919-2016 «Организация испытаний ПЦР-наборов, используемых для идентификации целевых таксонов микрофлоры, растений и генетически модифицированных организмов. Требования к качеству, безопасности, транспортированию и хранению».

Настоящий стандарт распространяется на ПЦР-наборы, предназначенные для идентификации и используемые при амплификации нуклеиновых кислот методом ПЦР, организацию их испытаний и тестирования, и устанавливает требования к организации испытаний и тестирования ПЦР-наборов, предназначенных для идентификации микрофлоры, растений ГМО, контроля качества методов амплификации нуклеиновых кислот, использующих ПЦР.

Методическая литература по определению микроорганизмов в продуктах питания:

– МУК 4.2.1122-2002 «Организация контроля и методы выявления бактерий *Listeria monocytogenes* в пищевых продуктах».

В данных методических указаниях описывается метод, а также необходимое оборудование и реактивы для идентификации бактерии *Listeria monocytogenes* в продуктах питания.

– МР 2.3.2.2327-08 «Методические рекомендации по организации производственного микробиологического контроля на предприятиях молочной промышленности (с атласом значимых микроорганизмов)».

В данном пособии описываются методы и подходы по организации производственного микробиологического контроля на предприятиях молочной промышленности, а также необходимое оборудование и расходные материалы для проведения микробиологического контроля.

– МУК 4.2.3261-15 «Определение количества микроорганизмов в пищевых продуктах и объектах окружающей среды методом наиболее вероятного числа с применением автоматического экспресс-анализатора».

Данные методические указания устанавливают порядок количественного учета микроорганизмов в пищевых продуктах и объектах окружающей среды методом наиболее вероятного числа с применением автоматического экспресс-анализатора.

– МУК 4.2.3262-15 «Обнаружение патогенных микроорганизмов в пищевых продуктах и объектах окружающей среды методом фермент-связанного флуоресцентного анализа с применением автоматического анализатора».

Данные методические указания устанавливают порядок обнаружения патогенных микроорганизмов в пищевых продуктах и объектах окружающей среды методом фермент-связанного флуоресцентного анализа с применением автоматического анализатора.

– МУК 4.2.2872-11 «Методы выявления и идентификации патогенных бактерий-возбудителей инфекционных заболеваний с пищевым путём передачи в продуктах питания на основе ПЦР с гибридизационно-флуоресцентной детекцией».

В данных методических указаниях описываются методы и подходы, необходимое оборудование и расходные материалы для идентификации патогенных микроорганизмов в продуктах питания с помощью ПЦР с гибридизационно-флуоресцентной детекцией.

– МУК 4.2.2321-08 «Методы определения бактерий рода *Campylobacter* в пищевых продуктах».

В данных методических указаниях описывается метод, а также необходимое оборудование и реактивы для идентификации бактерий рода *Campylobacter* в продуктах питания.

5. Анализ технических решений, раскрытых в источниках патентной литературы. Существует большое количество классических и инструментальных методов оценки содержания и активности микроорганизмов [119]. Однако почти все из них предназначены для анализа клеток в жидких средах. Только немногие методы позволяют характеризовать численность и состояние микроорганизмов на поверхности материалов. В этих условиях одним из традиционно используемых подходов для оценки микробной загрязненности объектов является взятие смывов микроорганизмов с поверхностей с последующим их анализом прямыми и косвенными методами. Прямые способы анализа дают абсолютное значение содержания микроорганизмов.

Среди прямых методов анализа в лабораторной практике широко применяются способы посева и культивирования микроорганизмов на поверхности агаризованных питательных сред. Данные методы просты, высокочувствительны, не требуют измерительного оборудования, поэтому используются на производстве и в арбитражных случаях. Основные недостатки способов культивирования связаны с высокой длительностью и трудоемкостью, большим расходом питательных сред и экономической неэффективностью при большом количестве микробиологических

испытаний. В настоящее время прослеживается тенденция их замены на инструментальные методы.

Косвенные методы микробиологического анализа характеризуют содержание и активность микроорганизмов. Они быстры, точны, имеют низкие трудозатраты и экономически эффективны при увеличении количества измерений. Эти способы нуждаются в инструментальных средствах измерений и дают относительное значение показателей, что требует проведения процедуры калибровки средств измерений с помощью прямых методов микробиологического анализа.

Метод культивирования заключается в следующем: образец пищевого продукта размачивают или гомогенизируют, используя гомогенизатор или блендер, и приготавливают соответствующие разбавления, которые высевают на селективные или полуселективные среды для последующего выделения и идентификации колоний. Численность ассоциируемых с порчей молочнокислых бактерий обычно оценивают путем подсчета колоний.

В патенте RU2203317 (С2) – 20030427 описывается способ обнаружения *Bacillus anthracis* в молоке, включающий культивирование исследуемой пробы с последующим учетом выросших колоний. Исследуемую пробу предварительно смешивают со смесью полимиксина М-сульфата 250 мкг/мл и триметоприма 100–120 мкг/мл в равных пропорциях, подращивают в течение 4–6 ч при 37 °С, затем центрифугируют при 5–5,5 тыс. об/мин в течение 30–40 мин. Культивирование верхнего слоя подращенной пробы ведут на дифференциально-диагностической среде в течение 18–20 ч при 37 °С, а учет выросших колоний осуществляют в парах аммиака.

В патенте RU2264467 (С2) – 20051120 описывается способ обнаружения бактерий группы кишечных палочек. Изобретение относится к биотехнологии, в частности к методам санитарно-микробиологического контроля производства продуктов животного происхождения, и может быть использовано в молочной и мясоперерабатывающей отраслях промышленности. Способ заключается в том, что для обнаружения бактерий группы кишечных палочек в пробе по изменению цвета жидкой питательной среды для бактерий использует смесь среды КОДА или ХБ и католита с рН 7–9 и окислительно-восстановительным потенциалом – 370 мВ при соотношении объемов 1 : (0,5–1,0), а определение изменения цвета с зеленого на желтый ведут после выдерживания пробы в течение 5–8 ч при температуре 18–25 °С. Изобретение позволяет значительно сократить продолжительность обнаружения БГКП при одновременном снижении температуры при анализе.

В патенте RU2276190 (С2) – 20060510 описывается экспрессный способ определения микроскопических грибов, бактерий и дрожжей в анализируемой пробе, согласно которому пробу смешивают с реактивом, включающим в себя

0,1–0,8 % раствор люминола в щелочи с рН 9,0–13,0 в 100 см³ которого добавляют 0,3–1,0 см³ 30 % перекиси водорода в кювете анализатора жидкостей хемиллюминесцентного ЛИК, регистрируют параметры хемиллюминесценции: максимальную ее интенсивность (A_m), время достижения максимума хемиллюминесценции (t_m) и площадь под кривой хемиллюминесценции (S), по совокупности значений которых устанавливают наличие в пробе микроскопических грибов, бактерий и дрожжей.

Данный способ может быть использован в медицине, фармации, пищевой и легкой промышленности, в сельском хозяйстве, нефтедобывающей промышленности и при защите сырья, материалов и изделий из них от микроорганизмов.

В заявке на изобретение RU97108375(A) – 1999-04-27 описывается способ обнаружения и идентификации микроорганизмов преимущественно в пищевых продуктах путем культивирования клеток на селективных питательных средах с одновременным измерением электрической проводимости среды культивирования и регистрацией изменения электрической проводимости среды во времени. При достижении значения электрического сопротивления среды культивирования, соответствующего концентрации клеток $n \times 10^5$ – $n \times 10^6$ клеток/мл, осуществляют отбор пробы субстрата, которую гидролизуют и метилируют до образования эфиров жирных кислот с последующим анализом полученных эфиров жирных кислот методом газовой хроматографии.

Культивированию на селективных средах подвергают несколько образцов контролируемых материалов в отдельных сосудах. Отбор проб субстрата для последующего газохроматографического анализа производят только из тех сосудов, для которых регистрируемое изменение электрической проводимости среды культивирования имеет вид логарифмической кривой роста.

Известен способ обнаружения присутствия термостойких микроорганизмов в пищевом продукте, включающий следующие стадии (RU2608653 (C2) – 20170123; AU2011373434 (B2) – 20160526; BR112014001246 (A2) – 20170613; DK2737076 (T3) – 20160613; EP2737076 (B1) – 20160302; NZ620009 (A) – 20160129; US2014147882 (A1) – 20140529; WO2013010574 (A1) – 20130124):

- помещения аликвоты продукта в сосуд, образующий удерживающую камеру и содержащий оптический зонд чувствительный к метаболиту термостойких микроорганизмов, где метаболитом термостойких микроорганизмов является кислород и где оптический зонд является чувствительным к кислороду фотоллюминесцентным красителем;
- пастеризации аликвоты в сосуде;
- инкубирования пастеризованной аликвоты в сосуде в течение периода инкубации;
- периодического обращения к зонду во время периода инкубации, отличающийся тем, что

в ходе таких обращений измеряют изменения концентрации метаболита термостойких микроорганизмов в аликвоте в зонде. Эти изменения концентрации указывают на присутствие жизнеспособных термостойких микроорганизмов в аликвоте.

Возможно, что дополнительно проводят преобразование измеренных произошедших в зонде изменений в концентрацию термостойких микроорганизмов в пастеризованной аликвоте перед инкубированием с помощью алгоритма преобразования и регистрируют выявленную концентрацию термостойких микроорганизмов.

Также возможно, что герметично закрывают аликвоту в удерживающей камере сосуда перед пастеризацией. Изобретением уточняется, что пищевым продуктом может являться молоко, а в качестве сосуда использоваться пробирка, кювета или многолуночный планшет.

В заявке на изобретение RU2012109856 (A) – 20131027 описывается способ выделения и идентификации штаммов бактерий *Pseudomonas aeruginosa* из объектов внешней среды пищевого сырья и пищевых продуктов, включающий селективные среды и специфичные тесты бактериологической дифференциации. Процесс идентификации включает схему бактериологического выделения и использование специфичного бактериофага, что позволяет выделять и идентифицировать, в том числе штаммы, лишенные пигментов.

В заявке на изобретение RU2012139912 (A) – 20140327 описывается способ количественного определения хитина методом иммуноферментного анализа в качестве общего маркера контаминации или поражения плесневыми грибами продуктов питания, почвы, строительных конструкций и биологических материалов (кровь или растения), заключающийся в обработке экстрагированного субстрата ферментом хитиназой с последующим взаимодействием со специфичными антителами к хитину, отличающийся тем, что применен новый принцип определения плесневых грибов, позволяющий идентифицировать с высокой точностью присутствие плесневых грибов в образце вне зависимости от видовых отличий микромицетов, а также от фазы их роста и морфологических особенностей.

ДНК-методы идентификации включают секвенирование последовательностей 16S или 23S рДНК, ПЦР-анализы с применением родо- или видоспецифических праймеров, а также методы ДНК-фингерпринтинга, основанные на структурах ПЦР-амплифицированных фрагментов ДНК или на рестрикционных анализах всей ДНК или ампликонов, полученных с помощью селективной ПЦР (полиморфизм длины фрагментов рестрикции, RFLP).

В патенте RU2375459 (C1) – 20091210 описывается способ индикации бактерий рода *Lactobacillus*. Способ основан на проведении ПЦР ДНК бактерий рода *Lactobacillus*. Для проведения

ПЦР используют оригинальные родовые праймеры, соответствующие консервативным участкам генома лактобактерий и амплифицирующие фрагмент генома, который в дальнейшем может быть использован для видовой идентификации бактерий рода *Lactobacillus*. Изобретение позволяет повысить специфичность способа индикации бактерий рода *Lactobacillus* на основе ПЦР фрагмента генетической детерминанты 16 S рРНК.

Изобретение может быть применено в научных исследованиях для получения новых знаний о биологических свойствах бактерий рода *Lactobacillus*, для изучения природных биотопов обитания и характера распространения этих бактерий и представляет практический интерес для использования в системе контроля качества продуктов питания, обогащенных лактобациллами, как на предприятиях-изготовителях, так и в учреждениях Роспотребнадзора.

В патенте RU2395583 (С2) – 20100727 описывается способ детекции живых клеток микроорганизма путем дифференцирования живых клеток от мертвых клеток или поврежденных клеток в тестируемом образце. В одном варианте исполнения изобретения способ включает следующие стадии:

- обработку тестируемого образца ядом топоизомеразы или ядом ДНК-гиразы;
- экстракцию ДНК из тестируемого образца и амплификацию мишеневого участка экстрагированной ДНК методом ПЦР, где длина мишеневого участка составляет от 900 до 3000 нуклеотидов;
- анализ продукта амплификации.

При этом возможно, что продукт амплификации анализируют с помощью стандартной кривой, отражающей зависимость количества продукта амплификации от количества микроорганизма, которую получают с использованием стандартных образцов микроорганизма и ПЦР проводят в режиме реального времени одновременно с анализом продукта амплификации.

В другом варианте изобретения длина мишеневого участка составляет от 100 до 3000 нуклеотидов.

В качестве тестируемого образца используют молоко, молочный продукт, пищевой продукт, полученный с использованием молока или молочного продукта в качестве сырья, образец крови, образец мочи, образец спинномозговой жидкости, образец синовиальной жидкости и образец плевральной жидкости, а микроорганизм представляет собой бактерию. Мишеневый участок может представлять собой ген рРНК 23S. ПЦР проводят с использованием набора праймеров, содержащего праймеры SEQ ID NO: 1 и 2, или набора праймеров, содержащего праймеры SEQ ID NO: 3 и 4.

Изобретение (RU2410440 (С1) – 20110127; AU2008287928 (В2) – 20110728; CA2666448 (С) – 20130910; CN101617057 (В) – 20131030; EP2077334 (В1) – 20151014; JP4378537 (В2) – 20091209;

JPWO2009022558 (А1) – 20101111; KR101120270 (В1) – 20120306; NZ576113 (А) – 20120525; US8221975 (В2) – 20120717; US2012277121 (А1) – 20121101; WO2009022558 (А1) – 20090219) раскрывает способ детектирования живой клетки микроорганизма в тест-пробе, предусматривающий стадии:

- добавления сшивающего агента, способного сшивать ДНК при облучении светом, имеющим длину волны 350–700 нм к этой тест-пробе;
- облучения тест-пробы, к которой добавлен сшивающий агент, светом, имеющим длину волны 350–700 нм;
- удаления сшивающего агента, содержащегося в тест-пробе, облученной светом;
- добавления среды к тест-пробе, из которой удален сшивающий агент, и инкубации этой тест-пробы;
- добавления опять сшивающего агента, способного сшивать ДНК при облучении светом, имеющим длину волны 350–700 нм, к инкубированной тест-пробе;
- облучения тест-пробы, к которой добавлен сшивающий агент, светом, имеющим длину волны 350–700 нм;
- экстракции ДНК из этой тест-пробы и амплификации района-мишени экстрагированной ДНК при помощи способа амплификации нуклеиновых кислот;
- анализа амплифицированного продукта.

Предпочтительно анализировать амплифицированный продукт на основе калибровочной кривой, которая получена с использованием стандартной пробы этого микроорганизма и показывает зависимость между количеством этого микроорганизма и амплифицированного продукта.

Также предпочтительно использовать способ ПЦР, LAMP, SDA, LCR или способ микроматрицы ДНК в качестве способа амплификации нуклеиновых кислот. ПЦР выполняют с использованием ПЦР реального времени и выполняют одновременно ПЦР и анализ амплифицированного продукта.

Тест-пробой является пищевой продукт, проба крови, проба мочи, проба спинальной жидкости, проба синовиальной жидкости, проба плеврального выпота, промышленная вода, водопроводная вода, грунтовая вода, речная вода или дождевая вода.

Микроорганизм представляет собой патогенную бактерию, а районом-мишенью является патогенный ген.

В охранных документах (RU2435865 (С2) – 20111210; CA2639069 (А1) – 20070726; CN101405411 (А) – 20090408; EP1984520 (В1) – 20131211; GB0601302 (D0) – 20060301; GB0701298 (D0) – 20070228; GB2434644 (А) – 20070801; JP5650887 (В2) – 20150107; SG169342 (А1) – 20110330; UA100495 (С2) – 20130110; US2009306230 (А1) – 20091210; US2016108467 (А1) – 20160421; WO2007083147 (А3) – 20071221) описывается способ обнаружения наличия микроорганизмов в

биологическом образце. Согласно изобретению способ предусматривает использование диагностической мультиплексной панели (DMP), созданной для одновременной идентификации совокупности возможных микроорганизмов, которые могут присутствовать в биологическом образце, с применением реакции удлинения праймеров в отношении высококонсервативных нуклеотидных последовательностей в тестируемых микроорганизмах. Биологический образец иммобилизуют на твердом субстрате в первом местоположении, затем переносят в другое местоположение и осуществляют стадию экстракции на твердом субстрате таким образом, чтобы экстрагировалась ДНК любого микроорганизма, присутствующего в пробе. Затем проводят амплификацию нуклеиновой кислоты на экстрагированных ДНК микроорганизмов, затем смешивают целевые последовательности с праймерами с применением DMP. В результате определяют генотип любых присутствующих микроорганизмов и идентифицируют искомые микроорганизмы. Для осуществления способа используют диагностическую мультиплексную панель (DMP), пригодную для генотипирования патогенных микроорганизмов и набор для тестирования микроорганизмов. Использование изобретения позволяет произвести надежный отбор биологических образцов и их тестирование, обеспечивая при этом одновременное тестирование множества микроорганизмов.

В зависимости от назначения диагностической мультиплексной панели (DMP) биологический образец можно получать от человека, животного, из растения или пищевого продукта. В последнем случае предполагается, что DMP предназначена для определения загрязнения пищевого продукта патогенами, передающими заболевание алиментарным путем.

В патенте RU2460801 (C1) – 20120910 описывается способ выявления санитарно-показательных бактерий и стартовых культур в мясных продуктах. Изобретение относится к биотехнологии и может быть использовано в микробиологии. Способ включает приготовление среды обогащения по прописи, контроль pH, стерилизацию, выявление санитарно-показательных бактерий и стартовых культур в мясных продуктах и их идентификацию. Для приготовления среды по прописи в 950 мл дистиллированной воды растворяют 10,00 г пептона, 5,00 г мясного экстракта, 5,00 г дрожжевого экстракта, 1,00 г твина-80, 3,00 г натрия фосфорнокислого, 0,10 г магния сернокислого, 0,01 г железа сернокислого. Среду стерилизуют при 1,1 атм. в течение 15 мин. Далее, в 50 мл дистиллированной воды растворяют 20,00 г глюкозы. Полученный 40 % раствор глюкозы стерилизуют при 0,5 атм. в течение 20 мин, затем в асептических условиях добавляют к среде и перемешивают. Для выделения санитарно-показательных бактерий и стартовых

культур в стерильных условиях отбирают 25 г образца мясного продукта и помещают в колбу, содержащую 250 мл среды, затем инкубируют при 37 °С в течение 16 ч. Далее, бактерии отделяют от среды центрифугированием при 4000 об/мин, отмывают от остатков питательной среды физиологическим раствором и вновь центрифугируют при 4000 об/мин. Из полученных бактериальных клеток выделяют геномную ДНК и идентифицируют с помощью ПЦР-анализа с электрофоретической схемой детекции с использованием родо- и видоспецифических праймеров для каждого микроорганизма. Изобретение обеспечивает комплексное выделение как санитарно-показательных бактерий, так и стартовых культур.

В охранных документах (RU2526576 (C2) – 20140827 и WO2013100810 (A3) – 20131031) описывается способ идентификации лактобацилл. Представленный способ основан на комбинации и полиморфизме генов токсин-антитоксин суперсемейств RelBE и MazEF и характеризуется тем, что для идентификации проводят амплификацию геномных ДНК с использованием набора олигонуклеотидов определенной структуры, ПЦР-продукты анализируют в агарозном геле, а размер полученного фрагмента определяют с помощью ДНК-маркера. Исследуемый штамм относят к определенной группе, виду или штамму в случае наработки фрагментов при использовании определенных олигонуклеотидов. Представленное изобретение может быть использовано для идентификации штаммов лактобацилл в микробиоте человека, продуктах питания, а также для определения исследуемого штамма в клинических пробах или молекулярного отслеживания в коммерческих препаратах.

В охранных документах (RU2567011 (C2) – 20151027; BR112012024873 (A2) – 20161206; CA2794466 (A1) – 20111006; CN102939390 (B) – 20160518; EP2553120 (B1) – 20150422; ES2543172 (T3) – 20150817; JP2013523118 (A) – 20130617; KR20130062276 (A) – 20130612; PT105029 (B) – 20120911; US2013102000 (A1) – 20130425; WO2011121544 (A4) – 20111201) описывается зонд пептидно-нуклеиновой кислоты (PNA-зонд) для обнаружения *Salmonella*, содержащий последовательность SEQ ID № 1-5'-AGG AGC TTC GCT TGC-3. Утверждается, что такой PNA-зонд способен обнаруживать последовательность-мишень в рРНК, рДНК или последовательности, комплементарные рРНК *Salmonella*. Он связывается с одной из обнаруживаемых фракций, выбранной из одной из следующих групп: конъюгата, системы обнаружения разветвленной фракции, хромофора, флуорофора, радиоизотопа, фермента, гаптена или люминесцентного компонента. Флуорофорная группа может представлять собой, по меньшей мере, одну из следующих: флуорофоры серии Alexa, серии Alexa Fluor, цианины, 5-(и -6)

карбокси-2',7'-дихлорфлуоресцеин, 5-ROX (5-карбокси-Х-родамина триэтиламмониевую соль).

Также в изобретении описывается набор для обнаружения *Salmonella*, который содержит PNA-зонд и, по меньшей мере, один из следующих растворов: один раствор для фиксации, один раствор для гибридизации и один раствор для промывки. Способ обнаружения *Salmonella* содержит следующие стадии:

– контактирования PNA-зонда с биологическими пробами;

– гибридизации PNA-зонда с последовательностью-мишенью микроорганизмов, присутствующих в указанных пробах;

– обнаружения гибридизации в виде показания указанного обнаружения и количественного анализа указанных проб.

При этом биологическую пробу получают из крови, воздуха, пищевого продукта, воды или биопсий.

В патенте RU2569196 (C1) – 20151120 предложен способ определения наличия в биологических жидкостях, окружающей среде и продуктах питания бактерий *Escherichia coli* штамма O157:H7, включающий дезинтеграцию бактерий ферментативной обработкой и лизис неионным детергентом, адсорбцию на парамагнитных частицах при помощи специфического моноклонального антитела, детекцию антигена бактерий *E. coli* O157:H7 при помощи специфического биотинилированного моноклонального антитела, связывание полученного комплекса с нековалентным конъюгатом ДНК-матрицы с нейтравидином, диссоциацию твердофазного комплекса «антитело-антиген *E. coli* O157:H7 – биотинилированное антитело-конъюгат» добавлением раствора глицин HCl pH 2.6, ПЦР-амплификацию ДНК-матрицы и выявление наличия бактерий *E. coli* O157:H7 по скорости нарастания флуоресцентного сигнала. Данный способ отличается высокой специфичностью и чувствительностью детекции и может быть использован в ранней диагностике геморрагического колита и санитарно-гигиеническом контроле над наличием его возбудителя.

Известен способ детекции живых клеток микроорганизма в тестируемом образце (RU2527897 (C2) – 20140910; AU2010275576 (B2) – 20130228; CA2768699 (C) – 20170822; CN102471768 (B) – 20140723; CN103820578 (B) – 20150617; EP2458002 (B1) – 20150325; JP4825313 (B2) – 20111130; JPWO2011010740 (A1) – 20130107; KR101383389 (B1) – 20140408; MX2012001000 (A) – 20120316; NZ597138 (A) – 20121221; SG177738 (A1) – 20120228; US9394572 (B2) – 20160719; US2016298181 (A1) – 20161013; WO2011010740 (A1) – 20110127) путем отличия живых клеток от мертвых клеток или поврежденных клеток, который включает стадии:

– добавления в тестируемый образец средства, способного к ковалентному связыванию с ДНК

или РНК при облучении светом с длиной волны 350–700 нм;

– облучения тестируемого образца, в который добавляют средство, светом с длиной волны 350–700 нм;

– амплификации мишени области ДНК или РНК микроорганизма, содержащегося в тестируемом образце, способом амплификации нуклеиновых кислот в присутствии средства подавления действия вещества, ингибирующего амплификацию нуклеиновых кислот, соли магния и соли органической кислоты или соли фосфорной кислоты, без выделения нуклеиновых кислот из клеток;

– анализа продукта амплификации.

Амплификацию мишени области проводят в клетках микроорганизма.

Тестируемый образец – продукты питания, биологические образцы, питьевая вода, промышленные воды, вода из окружающей среды, сточные воды, почва, мазки и т.д.

В предпочтительные примеры продуктов питания включают: напитки, такие как безалкогольные напитки, газированные безалкогольные напитки, жидкие пищевые добавки, напитки на основе фруктовых соков и молочнокислые напитки (включая концентраты и порошки этих напитков); мороженые кондитерские изделия, такие как мороженое, фруктовое мороженое и ледяная стружка; молочные продукты, такие как переработанное молоко, молочные напитки, молочнокислые продукты и масло; энтеральное питание, жидкая пища, молоко для младенцев, спортивные напитки; функциональное питание, такое как питание для применения при определенном состоянии здоровья, пищевые добавки и т.д.

В заявке на изобретение RU97119187 – 1999-10-27 описывается олигонуклеотидный праймер, способ идентификации вида организма, геномный полинуклеотидный локус, набор для выделения ДНК-мишени. Согласно изобретению выделенный олигонуклеотидный праймер для идентификации вида организма, гибридизующийся с полинуклеотидной молекулой-мишенью, имеет последовательность, выбранную из группы, состоящей из: 5>-GTTGTCGTACC(G/A)TCACCAGCAATTTTC-3> (SEQ ID 1) и 5>-AA(G/A)GCGCCTGGTTT (C/T)GGTGAT (C/A)(G/A) (A/T/C/G) (C/A) (G/A)-3> (SEQ ID 2), и последовательностей, комплементарных им. Праймер может представлять собой 5>-GAIИIGCIGGIGA(T/C)GGIACIACIAC-3> (SEQ ID 3) или 5>-(T/C) (T/G)1(T/C)(T/G)ITCICC(A/G)AAICCGGIGC (T/C) TT-3> (SEQ ID 4). При этом организмом может являться микроорганизм, например, прокариотический – член рода, выбранный из группы, состоящей из *Staphylococcus*, *Pseudomonas*, *Escherichia*, *Bacillus*, *Salmonella*, *Chlamidia*, *Helicobacter* и *Streptococcus*. Вид рода может быть выбран из группы, состоящей из

S. haemoliticus, *S. epidermidis*, *S. lugdunensis*, *S. hominis*, *E. coli*, *B. subtilis* и *P. aeruginosa*.

Способ идентификации вида организма предусматривает амплификацию района геномной нуклеиновой кислоты организма при помощи олигонуклеотидных праймеров, которые гибридизуются с фланкирующими мишенями 5' и 3' полинуклеотидными последовательностями геномной нуклеиновой кислоты. Полинуклеотидная последовательность-мишенями имеет в основном последовательность, выбранную из группы, состоящей из: 5'-GTTGTCGTACC(G/A)TCACCAGCAATTTTC-3' (SEQ ID 1) и 5'-AA(G/A)GCGCCTGGTTT (C/T)GGTGAT (C/A) (G/A) (A/T/C/G) (C/A) (G/A)-3' (SEQ ID 2) и последовательностей, комплементарных им, и детектирование амплифицированного района. Амплификация может представлять собой метод ПЦР.

Возможно, что геномный локус кодирует полипептид теплового шока.

Набор для выделения ДНК-мишени для идентификации вида организма содержит средства для амплификации ДНК-мишени. Эти средства содержат необходимый фермент (ферменты) и олигонуклеотидные праймеры для амплификации ДНК-мишени из организма или клетки организма.

В патенте на изобретение RU2350656 (C2) – 20090327 описывается способ определения зараженности продовольствия патогенными биологическими агентами при лабораторном контроле. Он включает подготовку проб и их исследование. Подготовку проб проводят в два приема. Во-первых, в зависимости от плотности, жиросодержания и текучести продукта его подвергают соответственно взвешиванию, выделяя 25 г (мл) продукта с последующим измельчением, переводу в жидкую фазу в объеме 50–100 мл посредством добавления физиологического раствора, а при исследовании воды последнюю в количестве 500 мл фильтруют через мембранные фильтры. Во-вторых, деление пробы на части по 2 мл пробы отделяют для исследования методом флюоресцирующих антител (МФА), в реакции непрямой гемагглютинации (РНГА), в реакции агломерации объемной (РАО), иммуноферментным анализом (ИФА), ПЦР и бактериологическим методом, а по 5 мл проб берут для исследования биологическим методом, заражая биопробных животных. Проведение приемов на 25 пробах осуществляют в течение 1,5–2 ч. При этом исследование проб экспрессными или ускоренными методами (МФА, РНГА, РАО, ИФА, ПЦР) проводят в течение 4–10 ч, а исследование биологическим методом – в течение 48–120 ч с использованием селективных питательных сред.

Для проведения ПЦР выделяют ДНК микроорганизмов из проб пищевых продуктов, применяя в зависимости от сложности их состава гуанидинтиоцианатный метод или фенольную экстракцию, а затем проводят постановку ПЦР, используя 1–5 мкл раствора содержащего

ДНК пробы, с последующим учетом реакции, обеспечивающей чувствительность 2–10³ м.к./мл пробы.

Известен способ выделения и очистки дезоксирибонуклеиновых кислот (RU2400537 (C2) – 20100927). Сущность способа заключается в том, что, в отличие от прототипа, очистку биологического раствора после лизиса образца в буфере на основе анионного детергента (например, додецил сульфата натрия – SDS) проводят суспензией предварительно отожженного в вакууме детонационного наноалмаза, являющегося гидрофильным сорбентом со слабым положительным зарядом и сильно развитой удельной поверхностью. В результате из раствора удаляются примеси, ингибирующие полимеразную цепную реакцию – пептиды, пигменты, танины, липиды. Последующее центрифугирование раствора позволяет разделить детонационный наноалмаз с адсорбированными примесями и супернатант, содержащий ДНК. Далее ДНК осаждают спиртом (изопропанолом или этанолом) и растворяют в дистиллированной воде. Изобретение относится к области молекулярной биологии, а именно к способу выделения и очистки ДНК из образцов тканей растений, а также продуктов переработки растительного и животного происхождения.

Известно изобретение (WO9600298 (A1) – 19960104), позволяющее осуществлять одновременное обнаружение, идентификацию и дифференциацию. Изобретение относится к способу обнаружения и идентификации одного микроорганизма или для одновременного обнаружения нескольких микроорганизмов в образце, включающий стадии:

- при необходимости высвобождения, выделения или концентрирования полинуклеиновых кислот, присутствующих в образце;
- при необходимости амплифицирование спейсерной области 16S-23S рРНК или ее части с одной подходящей парой праймеров;
- гибридизацию полинуклеиновых кислот на первой или второй стадии с одним и предпочтительно более чем одним из спейсерных зондов или их эквивалентами, в соответствующих условиях гибридизации и промывки, и/или с таксоноспецифическим зондом, полученным из любой из спейсерных последовательностей при тех же условиях гибридизации и промывки;
- обнаружение гибридов, образованных на третьей стадии, с каждым из зондов, используемых в соответствующих условиях гибридизации и промывки;
- идентификацию микроорганизмов, присутствующих в образце, из сигналов дифференциальной гибридизации, полученных на четвертой стадии.

«Образец» может представлять собой любой биологический материал, взятый либо непосредственно от инфицированного человека (или животного), либо после культивирования (обогащения), либо образец, взятый из пищи или корма.

Известен способ обнаружения патогенов в пищевых продуктах, объединяющий преимущества специфичности иммунологической детекции с высокой чувствительностью ПЦР (WO9820148 (A1) – 19980514 и US2001008887 (A1) – 20010719). Проведение детекции по данному способу включает в себя следующие этапы:

- обогащение образцов по исследуемому бактериальному патогену культивацией на богатой питательной среде;
- иммуномагнитную сепарацию патогенных бактерий с использованием парамагнитных частиц, покрытых специфическими антителами, распознающими, связывающими и захватывающими *E. coli* O157:H7 (Dynabeads anti-*E. coli* O157:H7, DynalAs, Oslo, Norway или аналогичные);
- амплификацию последовательностей ДНК, специфичных для данного патогена, с помощью ПЦР;
- детекцию продуктов амплификации с помощью электрофореза в агарозном геле. С применением данной технологии за период в 8 часов можно провести выявление единичных клеток патогена в пищевых образцах.

Преимуществом данного способа является двухэтапное обеспечение специфичности детекции (за счет селекции анализируемых бактерий с помощью высокоспецифичных антител к патогену и за счет использования при ПЦР-амплификации праймеров, специфичных к ДНК бактерии-патогена), а также повышение чувствительности определения патогена за счет ПЦР-амплификации, поскольку ПЦР позволяет детектировать даже единичные молекулы ДНК.

Однако на практике прямое применение ПЦР для детекции бактериальной ДНК, полученной из сложных биологических образцов, осложнено наличием примесей, ингибирующих реакцию, а процедура обогащения образцов наращиванием на питательной среде значительно (от 8 часов и более) увеличивает как время проведения детекции, так и вероятность контаминации культуры, полученной от исследуемого образца, что может привести к неточным и малодостоверным результатам. Данная процедура вкпе с примененным способом анализа продуктов амплификации в агарозном геле дает возможность лишь качественно охарактеризовать образцы по наличию патогена и полностью исключает возможность его количественного определения.

Изобретение (WO2006136640 (A1) – 20061228; ES2276597 (B1) – 20080616) относится к способу обнаружения и идентификации, особенно в

молоке, следов разрушающих бактериофагов видов молочнокислых бактерий (LAB) (*Lactococcus*, *Streptococcus*, *Lactobacillus*), которые используются в промышленных молочных ферментациях с использованием мульти-ПЦР. Многократную ПЦР-амплификацию проводят со специфическими олигонуклеотидами праймеров консервативных областей генома вышеупомянутых бактериофагов. Указанные вирусы являются основной причиной сбоев ферментации в молочной промышленности, что приводит к значительным потерям. Способ по изобретению может быть использован для принятия решений, таких как отнесение зараженного молока процессам, которые не связаны с использованием LAB, которые чувствительны к идентифицированным фагам или к процессам инактивации, а также к дезинфекции производственной установки. Основным преимуществом метода является скорость, с которой он может быть выполнен, а также специфичность, простота и чувствительность.

Выводы

В ходе проведенного обзора литературы показано, что наиболее многообещающим методом анализа присутствия прокариотических и эукариотических микроорганизмов, в том числе патогенных, является высокопроизводительное секвенирование. Классические методы анализа микробных сообществ часто трудоемки и длительны, а идентификация за пределами родового уровня часто затруднена. Метод ПЦР позволяет обнаружить одиночные молекулы нуклеиновых кислот микроорганизма за достаточно короткое время. Однако высокая чувствительность методов ПЦР может быть их слабым местом вследствие возможной контаминации образца и получения ложноположительного результата из-за ингибирования работы полимеразы различными веществами. Метод NGS обеспечивает представление о составе микробных популяций, а также является отличным способом для детального анализа микробиологического качества пищи.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Финансирование.

Работа поддержана Минобрнауки России (Соглашение № 14.577.21.0257, уникальный код соглашения RFMEFI57717X0257).

Список литературы

1. Fenchel, T. Bacterial Biogeochemistry: The Ecophysiology of Mineral Cycling / T. Fenchel, G. M. King, T. H. Blackburn. – Academic Press, 2012. – 303 p. DOI: <https://doi.org/10.1016/C2010-0-67238-5>.
2. GeoChip 4: A functional gene-array-based high-throughput environmental technology for microbial community analysis / Q. Tu, H. Yu, Z. He [et al.] // Molecular Ecology Resources. – 2014. – Vol. 14, № 5. – P. 914–928. DOI: <https://doi.org/10.1111/1755-0998.12239>.
3. Metagenome, metatranscriptome and single-cell sequencing reveal microbial response to Deepwater Horizon oil spill / O. U. Mason, T. C. Hazen, S. Borglin [et al.] // ISME Journal. – 2012. – Vol. 6, № 9. – P. 1715–1727. DOI: <https://doi.org/10.1038/ismej.2012.59>.

4. Optimization and clinical validation of a pathogen detection microarray / C. W. Wong, C. L. W. Heng, L. Wan Yee [et al.] // *Genome Biology*. – 2007. – Vol. 8, № 5. – P. R93. DOI: <https://doi.org/10.1186/gb-2007-8-5-r93>.
5. Norman, J. M. Kingdom-Agnostic Metagenomics and the Importance of Complete Characterization of Enteric Microbial Communities / J. M. Norman, S. A. Handley, H. W. Virgin // *Gastroenterology*. – 2014. – Vol. 146, № 6. – P. 1459–1469. DOI: <https://doi.org/10.1053/j.gastro.2014.02.001>.
6. Cox, M. J. Sequencing the human microbiome in health and disease / M. J. Cox, W. O. C. M. Cookson, M. F. Moffatt // *Human Molecular Genetics*. – 2013. – Vol. 22, № R1. – P. R88–R94. DOI: <https://doi.org/10.1093/hmg/ddt398>.
7. Beuchat, L. R. Ecological factors influencing survival and growth of human pathogens on raw fruits and vegetables / L. R. Beuchat // *Microbes and Infection*. – 2002. – Vol. 4, № 4. – P. 413–423. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1286-4579\(02\)01555-1](https://doi.org/10.1016/S1286-4579(02)01555-1).
8. Methods for the detection, isolation and characterization of food-borne fungi / R. A. Samson, E. S. Hoekstra, F. Lund [et al.] // *Introduction to food – and airborne fungi* / R. A. Samson, E. S. Hoekstra, J. C. Frisvad [et al.]. – Utrecht : Centraalbureau voor Schimmelcultures, 2000. – P. 283–297.
9. Houbraken, J. Diversity and biology of heat-resistant fungi / J. Houbraken, J. Dijksterhuis, R. A. Samson // *Stress responses of Foodborne Microorganisms* / H.-C. Wong. – Nova Press, 2012. – P. 331–353.
10. Sex in Cheese: Evidence for Sexuality in the Fungus *Penicillium roqueforti* / J. Ropars, J. Dupont, E. Fontanillas [et al.] // *PLoS One*. – 2012. – Vol. 7, № 11. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0049665>.
11. Comprehensive polymorphism survey elucidates population structure of *Saccharomyces cerevisiae* / J. Schacherer, J. A. Shapiro, D. M. Ruderfer [et al.] // *Nature*. – 2009. – Vol. 458, № 7236. – P. 342–345. DOI: <https://doi.org/10.1038/nature07670>.
12. Апробация метода SSR-анализа для ДНК-паспортизации коммерческих штаммов винных дрожжей / И. И. Супрун, С. В. Токмаков, Н. М. Агеева // *Политематической сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*. – 2017. – № 125. – С. 151–163. DOI: <https://doi.org/10.21515/1990-4665-125-009>.
13. Fay, J. C. Evidence for Domesticated and Wild Populations of *Saccharomyces cerevisiae* / J. C. Fay, J. A. Benavides // *PLoS Genetics*. – 2005. – Vol. 1, № 1. – P. 0066–0071. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pgen.0010005>.
14. Adaptive evolution by mutations in the *FLO11* gene / M. Fidalgo, R. R. Barrales, J. I. Ibeas [et al.] // *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. – 2006. – Vol. 103, № 30. – P. 11228–11233. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.0601713103>.
15. Microsatellite marker-based assessment of the biodiversity of native bioethanol yeast strains / A. T. B. F. Antonangelo, D. P. Alonso, P. E. M. Ribolla [et al.] // *Yeast*. – 2013. – Vol. 30, № 8. – P. 307–317. DOI: <https://doi.org/10.1002/yea.2964>.
16. Genomic and transcriptomic analysis of *Saccharomyces cerevisiae* isolates with focus in succinic acid production / R. Franco-Duarte, D. Bessa, F. Gonçalves [et al.] // *FEMS Yeast Research*. – 2017. – Vol. 17, № 6. DOI: <https://doi.org/10.1093/femsyr/fox057>.
17. Development of simple sequence repeat (SSR) markers for discrimination among isolates of *Fusarium proliferatum* / I. Moncrief, C. Garzon, S. Marek [et al.] // *Journal of Microbiological Methods*. – 2016. – Vol. 126. – P. 12–17. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mimet.2016.03.013/>.
18. Selection of hypervariable microsatellite loci for the characterization of *Saccharomyces cerevisiae* strains / J.-L. Legras, O. Ruh, D. Merdinoglu [et al.] // *International Journal of Food Microbiology*. – 2005. – Vol. 102, № 1. – P. 73–83. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2004.12.007>.
19. Knight, S. Quantifying separation and similarity in a *Saccharomyces cerevisiae* metapopulation / S. Knight, M. R. Goddard // *ISME Journal*. – 2015. – Vol. 9, № 2. – P. 361–370. DOI: <https://doi.org/10.1038/ismej.2014.132>.
20. Rapid and not culture-dependent assay based on multiplex PCR-SSR analysis for monitoring inoculated yeast strains in industrial wine fermentations / G. Cordero-Bueso, M. E. Rodríguez, C. Garrido [et al.] // *Archives of Microbiology*. – 2017. – Vol. 199, № 1. – P. 135–143. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00203-016-1287-4>.
21. RFLP analysis of the ribosomal internal transcribed spacers and the 5.8S rRNA gene region of the genus *Saccharomyces*: A fast method for species identification and the differentiation of flor yeasts / M. Teresa Fernández-Espinar, B. Esteve-Zarzoso, A. Querol [et al.] // *Antonie van Leeuwenhoek, International Journal of General and Molecular Microbiology*. – 2000. – Vol. 78, № 1. – P. 87–97. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1002741800609>.
22. Bokulich, N. A. Next-generation approaches to the microbial ecology of food fermentations / N. A. Bokulich, D. A. Mills // *BMB Reports*. – 2012. – Vol. 45, № 7. – P. 377–389. DOI: <https://doi.org/10.5483/BMBRep.2012.45.7.148>.
23. Identification of yeasts by RFLP analysis of the 5.8S rRNA gene and the two ribosomal internal transcribed spacers / B. Esteve-Zarzoso, C. Belloch, F. Uruburu [et al.] // *International Journal of Systematic Bacteriology*. – 1999. – Vol. 49, № 1. – P. 329–337. DOI: <https://doi.org/10.1099/00207713-49-1-329>.
24. Sun, Y. Investigating of yeast species in wine fermentation using terminal restriction fragment length polymorphism method / Y. Sun, Y. Liu // *Food Microbiology*. – 2014. – Vol. 38. – P. 201–207. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fm.2013.09.001>.
25. Fluorescence *in situ* hybridization (FISH) in the microbiological diagnostic routine laboratory: a review / H. Frickmann, A. E. Zautner, A. Moter [et al.] // *Critical Reviews in Microbiology*. – 2017. – Vol. 43, № 3. – P. 263–293. DOI: <https://doi.org/10.3109/1040841X.2016.1169990>.
26. Evaluation of the Performance Characteristics of an In-House One Step TaqMan Real Time-Polymerase Chain Reaction Assay for Detection and Quantification of Hepatitis C Virus / F. R. Kermani, S. A. Kafi-Abad, K. M. Hosseini [et al.] // *Jundishapur Journal of Microbiology*. – 2017. – Vol. 10, № 3. DOI: <https://doi.org/10.5812/jjm.42884>.
27. Microvariation Artifacts Introduced by PCR and Cloning of Closely Related 16S rRNA Gene Sequences / A. G. C. L. Speksnijder, G. A. Kowalchuk, S. De Jong [et al.] // *Applied and Environmental Microbiology*. – 2001. – Vol. 67, № 1. – P. 469–472. DOI: <https://doi.org/10.1128/AEM.67.1.469-472.2001>.

28. Genome sequencing in microfabricated high-density picolitre reactors / M. Margulies, M. Egholm, W. E. Altman [et al.] // *Nature*. – 2005. – Vol. 437, № 7057. – P. 376–380. DOI: <https://doi.org/10.1038/nature03959>.
29. Balasubramanian, S. Solexa Sequencing: Decoding Genomes on a Population Scale / S. Balasubramanian // *Clinical Chemistry*. – 2015. – Vol. 61, № 1. – P. 21–24. DOI: <https://doi.org/10.1373/clinchem.2014.221747>.
30. Comparison of next-generation sequencing systems / L. Liu, Y. Li, S. Li [et al.] // *Journal of Biomedicine and Biotechnology*. – 2012. DOI: <https://doi.org/10.1155/2012/251364>.
31. Oliver, S. P. Foodborne Pathogens in Milk and the Dairy Farm Environment: Food Safety and Public Health Implications / S. P. Oliver, B. M. Jayarao, R. A. Almeida // *Foodborne Pathogens and Disease*. – 2005. – Vol. 2, № 2. – P. 115–129. DOI: <https://doi.org/10.1089/fpd.2005.2.115>.
32. Peck, M. W. *Clostridium botulinum* and the safety of minimally heated, chilled foods: an emerging issue? / M. W. Peck // *Journal of Applied Microbiology*. – 2006. – Vol. 101, № 3. – P. 556–570. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2006.02987.x>.
33. Anaerobic sporeformers and their significance with respect to milk and dairy products / C. J. Doyle, D. Gleeson, K. Jordan [et al.] // *International Journal of Food Microbiology*. – 2015. – Vol. 197. – P. 77–87. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2014.12.022>.
34. Wine vinegar: technology, authenticity and quality evaluation / W. Tesfaye, M. L. Morales, M. C. García-Parrilla [et al.] // *Trends in Food Science and Technology*. – 2002. – Vol. 13, № 1. – P. 12–21. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0924-2244\(02\)00023-7](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(02)00023-7).
35. Gullo, M. Acetic acid bacteria in traditional balsamic vinegar: Phenotypic traits relevant for starter cultures selection / M. Gullo, P. Giudici // *International Journal of Food Microbiology*. – 2008. – Vol. 125, № 1. – P. 46–53. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2007.11.076>.
36. Application of culture culture-independent molecular biology based methods to evaluate acetic acid bacteria diversity during vinegar processing / C. Ilabaca, P. Navarrete, P. Mardones [et al.] // *International Journal of Food Microbiology*. – 2008. – Vol. 126, № 1–2. – P. 245–249. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2008.05.001>.
37. Mitsuoka, T. Development of functional foods / T. Mitsuoka // *Bioscience of Microbiota, Food and Health*. – 2014. – Vol. 33, № 3. – P. 117–128. DOI: <https://doi.org/10.12938/bmfh.33.117>.
38. Bacterial consortia at different wine fermentation phases of two typical Central European grape varieties: Blaufränkisch (Frankovka modrá) and Grüner Veltliner (Veltlínske zelené) / Z. Godálová, L. Kraková, A. Puškárová [et al.] // *International Journal of Food Microbiology*. – 2016. – Vol. 217. – P. 110–116. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2015.10.015>.
39. Edwards, R. A. Viral metagenomics / R. A. Edwards, F. Rohwer // *Nature Reviews Microbiology*. – 2005. – Vol. 3, № 6. – P. 504–510. DOI: <https://doi.org/10.1038/nrmicro1163>.
40. Metagenomic 16S rDNA Illumina tags are a powerful alternative to amplicon sequencing to explore diversity and structure of microbial communities / R. Logares, S. Sunagawa, G. Salazar [et al.] // *Environmental Microbiology*. – 2014. – Vol. 16, № 9. – P. 2659–2671. DOI: <https://doi.org/10.1111/1462-2920.12250>.
41. Continuous fermentation and kinetic experiments for the conversion of crude glycerol derived from second-generation biodiesel into 1,3 propanediol and butyric acid / C. Varrone, G. Floriotis, T. M. B. Heggeset [et al.] // *Biochemical Engineering Journal*. – 2017. – Vol. 128. – P. 149–161. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bej.2017.09.012>.
42. Humblot, C. Pyrosequencing of tagged 16S rRNA gene amplicons for rapid deciphering of the microbiomes of fermented foods such as pearl millet slurries / C. Humblot, J. P. Guyot // *Applied and Environmental Microbiology*. – 2009. – Vol. 75, № 13. – P. 4354–4361. DOI: <https://doi.org/10.1128/AEM.00451-09>.
43. Peter-Katalinić, J. MALDI MS: A Practical Guide to Instrumentation, Methods and Applications / J. Peter-Katalinić, F. Hillenkamp. – Wiley-VCH, 2007. – 345 p. DOI: <https://doi.org/10.1002/9783527610464>.
44. Discrimination of multilocus sequence typing-based *Campylobacter jejuni* subgroups by MALDI-TOF mass spectrometry / A. E. Zautner, W. O. Masanta, A. M. Tareen [et al.] // *BMC microbiology*. – 2013. – Vol. 13. DOI: <https://doi.org/10.1186/1471-2180-13-247>.
45. Recent development of mass spectrometry and proteomics applications in identification and typing of bacteria / K. Cheng, H. Chui, L. Domish [et al.] // *Proteomics – Clinical Applications*. – 2016. – Vol. 10, № 4. – P. 346–357. DOI: <https://doi.org/10.1002/prca.201500086>.
46. Urwyler, S. K. Advantage of MALDI-TOF-MS over biochemical-based phenotyping for microbial identification illustrated on industrial applications / S. K. Urwyler, J. Glaubitz // *Letters in Applied Microbiology*. – 2016. – Vol. 62, № 2. – P. 130–137. DOI: <https://doi.org/10.1111/lam.12526>.
47. Evaluation of sample preparation methods for MALDI-TOF MS identification of highly dangerous bacteria / M. Drevinek, J. Dresler, J. Klimentova [et al.] // *Letters in Applied Microbiology*. – 2012. – Vol. 55, № 1. – P. 40–46. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1472-765X.2012.03255.x>.
48. Validation of MALDI-TOF MS for rapid classification and identification of lactic acid bacteria, with a focus on isolates from traditional fermented foods in Northern Vietnam / N. T. L. Doan, K. Van Hoorde, M. Cnockaert [et al.] // *Letters in Applied Microbiology*. – 2012. – Vol. 55, № 4. – P. 265–273. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1472-765X.2012.03287.x>.
49. Foodborne pathogens and their toxins / T. Martinović, U. Andjelković, M. Š. Gajdošik [et al.] // *Journal of Proteomics*. – 2016. – Vol. 147. – P. 226–235. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jprot.2016.04.029>.
50. Next generation sequencing-based multigene panel for high throughput detection of food-borne pathogens / C. Ferrario, G. A. Lugli, M. C. Ossiprandi [et al.] // *International Journal of Food Microbiology*. – 2017. – Vol. 256. – P. 20–29. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2017.05.001>.
51. An assessment of the human health impact of seven leading foodborne pathogens in the United States using disability adjusted life years / E. Scallan, R. M. Hoekstra, B. E. Mahon [et al.] // *Epidemiology and Infection*. – 2015. – Vol. 143, № 13. – P. 2795–2804. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0950268814003185>.

52. European Union summary report on trends and sources of zoonoses, zoonotic agents and food-borne outbreaks in 2013 // EFSA Journal. – 2015. – Vol. 13, № 1. – P. 3991–4156. DOI: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2015.3991>.
53. Food-borne diseases – The challenges of 20years ago still persist while new ones continue to emerge / D. G. Newell, M. Koopmans, L. Verhoef [et al.] // International Journal of Food Microbiology. – 2010. – Vol. 139. – P. S3–S15. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2010.01.021>.
54. A cholera outbreak associated with drinking contaminated well water / R. Ranjbar, M. Rahbar, A. Naghoni [et al.] // Archives of Iranian Medicine. – 2011. – Vol. 14, № 5. – P. 339–340.
55. DNA microarray for direct identification of bacterial pathogens in human stool samples / Z. Mao, H. Zheng, X. Wang [et al.] // Digestion. – 2008. – Vol. 78, № 2–3. – P. 131–138. DOI: <https://doi.org/10.1159/000174465>.
56. Typing methods used in the molecular epidemiology of microbial pathogens: a how-to guide / R. Ranjbar, A. Karami, S. Farshad [et al.] // New Microbiologica. – 2014. – Vol. 37, № 1. – P. 1–15.
57. An overview of foodborne pathogen detection: In the perspective of biosensors / V. Velusamy, K. Arshak, O. Korostynska [et al.] // Biotechnology Advances. – 2010. – Vol. 28, № 2. – P. 232–254. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2009.12.004>.
58. Impact of Next Generation Sequencing Techniques in Food Microbiology / B. Mayo, C. T. C. C. Rachid, Á. Alegría [et al.] // Current Genomics. – 2014. – Vol. 15, № 4. – P. 293–309. DOI: <https://doi.org/10.2174/1389202915666140616233211>.
59. Analysis of the microbiome: Advantages of whole genome shotgun versus 16S amplicon sequencing / R. Ranjan, A. Rani, A. Metwally [et al.] // Biochemical and Biophysical Research Communications. – 2016. – Vol. 469, № 4. – P. 967–977. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2015.12.083>.
60. Staden, R. A strategy of DNA sequencing employing computer programs / R. Staden // Nucleic Acids Research. – 1979. – Vol. 6, № 7. – P. 2601–2610. DOI: <https://doi.org/10.1093/nar/6.7.2601>.
61. Use of metagenomic shotgun sequencing technology to detect foodborne pathogens within the microbiome of the beef production chain / X. Yang, N. R. Noyes, E. Doster [et al.] // Applied and Environmental Microbiology. – 2016. – Vol. 82, № 8. – P. 2433–2443. DOI: <https://doi.org/10.1128/AEM.00078-16>
62. Abstract 5438: Multiplexed ICE COLD-PCR coupled to NGS and ddPCR enables enhanced detection of low-level DNA mutations in tissues and liquid biopsies / K. A. Richardson, S. Statt, G. Wu [et al.] // Cancer Research. – 2015. – Vol. 75, № 15 Supplement. – P. 5438–5438. DOI : <https://doi.org/10.1158/1538-7445.AM2015-543>.
63. Perkel, J. Guiding our pcr experiments / J. Perkel // BioTechniques. – 2015. – Vol. 58, № 5. – P. 217–221. DOI: <https://doi.org/10.2144/000114283>.
64. Optimization of digital droplet polymerase chain reaction for quantification of genetically modified organisms / L. Gerdes, A. Iwobi, U. Busch [et al.] // Biomolecular Detection and Quantification. – 2016. – Vol. 7. – P. 9–20. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bdq.2015.12.003>.
65. Quantification of Zoonotic Bacterial Pathogens within Commercial Poultry Processing Water Samples Using Droplet Digital PCR / M. J. Rothrock, K. L. Hiatt, B. H. Kiepper [et al.] // Advances in Microbiology. – 2013. – Vol. 3, № 5. – P. 403–411. DOI: <https://doi.org/10.4236/aim.2013.35055>.
66. Kim, T. G. Comparison of droplet digital PCR and quantitative real-time PCR for examining population dynamics of bacteria in soil / T. G. Kim, S. Y. Jeong, K. S. Cho // Applied Microbiology and Biotechnology. – 2014. – Vol. 98, № 13. – P. 6105–6113. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00253-014-5794-4>.
67. Systemic Enzyme Therapy: Fact or Fiction? A Review with Focus on Bromelains, Proteolytic Enzymes from the Pineapple Plant / P. Meiser, Z. Xu, G. Kirsch [et al.] // Recent Advances in Redox Active Plant and Microbial Products: From Basic Chemistry to Widespread Applications in Medicine and Agriculture / C. Jacob, G. Kirsch, A. J. Slusarenko [et al.]. – Springer Netherlands, 2014. – P. 449–467. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-94-017-8953-0>.
68. Quantitative Analysis of Cereulide Toxin from *Bacillus Cereus* in Rice and Pasta Using Synthetic Cereulide Standard and ¹³C₆-Cereulide Standard – A Short Validation Study / A. Z. Muratovic, R. Tröger, K. Granelli [et al.] // Toxins. – 2014. – Vol. 6, № 12. – P. 3326–3335. DOI: <https://doi.org/10.3390/toxins6123326>.
69. Profiling of phenolic glycosidic conjugates in leaves of *Arabidopsis thaliana* using LC/MS / M. Stobiecki, A. Skirycz, L. Kerhoas [et al.] // Metabolomics. – 2006. – Vol. 2, № 4. – P. 197–219. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11306-006-0031-5>.
70. Application of subproteomics in the characterization of Gram-positive bacteria / X.-Y. Yang, J. Lu, X. Sun // Journal of Proteomics. – 2012. – Vol. 75, № 10. – P. 2803–2810. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jprot.2011.12.027>.
71. Extensive proteomic profiling of the secretome of European community acquired methicillin resistant *Staphylococcus aureus* clone / S. Enany, Y. Yoshida, S. Magdeldin [et al.] // Peptides. – 2012. – Vol. 37, № 1. – P. 128–137. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.peptides.2012.06.011>.
72. *In vitro* activities of nisin and nisin derivatives alone and in combination with antibiotics against *Staphylococcus* biofilms / D. Field, R. O'Connor, P. D. Cotter [et al.] // Frontiers in Microbiology. – 2016. – Vol. 7. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.00508>.
73. The complex microbiota of raw milk / L. Quigley, O. O'Sullivan, C. Stanton [et al.] // FEMS Microbiology Reviews. – 2013. – Vol. 37, № 5. – P. 664–698. DOI: <https://doi.org/10.1111/1574-6976.12030>.
74. Enterotoxin Gene Profile and Molecular Characterization of *Staphylococcus aureus* Isolates from Bovine Bulk Milk and Milk Products of Tigray Region, Northern Ethiopia / E. K. Tarekgne, T. Skjerdal, S. Skeie [et al.] // Journal of Food Protection. – 2016. – Vol. 79, № 8. – P. 1387–1395. DOI: <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-16-003>.
75. Production, characterization, and antimicrobial activity of a bacteriocin from newly isolated *Enterococcus faecium* IJ-31 / I. Javed, S. Ahmed, S. Manam [et al.] // Journal of Food Protection. – 2010. – Vol. 73, № 1. – P. 44–52. DOI: <https://doi.org/10.4315/0362-028X-73.1.44>.

76. Bacterial spoilers of food: Behavior, fitness and functional properties / B. Remenant, E. Jaffrès, X. Dousset [et al.] // *Food Microbiology*. – 2015. – Vol. 45, № PA. – P. 45–53. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fm.2014.03.009>.
77. Characterization of aerobic spore-forming bacteria associated with industrial dairy processing environments and product spoilage / G. Lücking, M. Stoeckel, Z. Atamer [et al.] // *International Journal of Food Microbiology*. – 2013. – Vol. 166, № 2. – P. 270–279. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2013.07.004>.
78. Microbial dynamics during shelf-life of industrial Ricotta cheese and identification of a *Bacillus* strain as a cause of a pink discolouration / E. Sattin, N. A. Andreani, L. Carraro [et al.] // *Food Microbiology*. – 2016. – Vol. 57. – P. 8–15.
79. QIIME allows analysis of high-throughput community sequencing data / J. G. Caporaso, J. Kuczynski, J. Stombaugh [et al.] // *Nature Methods*. – 2010. – Vol. 7, № 5. – P. 335–336. DOI: <https://doi.org/10.1038/nmeth.f.303>.
80. Introducing mothur: Open-source, platform-independent, community-supported software for describing and comparing microbial communities / P. D. Schloss, S. L. Westcott, T. Ryabin [et al.] // *Applied and Environmental Microbiology*. – 2009. – Vol. 75, № 23. – P. 7537–7541. DOI: <https://doi.org/10.1128/AEM.01541-09>.
81. The RDP-II (Ribosomal Database Project) / B. L. Maidak, J. R. Cole, T. G. Lilburn [et al.] // *Nucleic Acids Research*. – 2001. – Vol. 29, № 1. – P. 173–174. DOI: <https://doi.org/10.1093/nar/29.1.173>.
82. SILVA: A comprehensive online resource for quality checked and aligned ribosomal RNA sequence data compatible with ARB / E. Pruesse, C. Quast, K. Knittel [et al.] // *Nucleic Acids Research*. – 2007. – Vol. 35, № 21. – P. 7188–7196. DOI: <https://doi.org/10.1093/nar/gkm864>.
83. Greengenes, a chimera-checked 16S rRNA gene database and workbench compatible with ARB / T. Z. DeSantis, P. Hugenholtz, N. Larsen [et al.] // *Applied and Environmental Microbiology*. – 2006. – Vol. 72, № 7. – P. 5069–5072. DOI: <https://doi.org/10.1128/AEM.03006-05>.
84. Towards a unified paradigm for sequence-based identification of fungi / U. Kõljalg, R. H. Nilsson, K. Abarenkov [et al.] // *Molecular Ecology*. – 2013. – Vol. 22, № 21. – P. 5271–5277. DOI: <https://doi.org/10.1111/mec.12481>.
85. Fungal identification using a Bayesian classifier and the Warcup training set of internal transcribed spacer sequences / V. Deshpande, Q. Wang, P. Greenfield // *Mycologia*. – 2016. – Vol. 108, № 1. – P. 1–5. DOI: <https://doi.org/10.3852/14-293>.
86. Зубков, М. Н. Биологические особенности бактерий рода *Moraxella* и их этиологическая роль в патологии человека. Сообщение II. Характеристика биохимических свойств и идентификация / М. Н. Зубков // *Лабораторное дело*. – 1988. – № 3. – С. 15–18.
87. Зубков, М. Н. Характеристика серологических свойств бактерий рода *Moraxella* / М. Н. Зубков // *Лабораторное дело*. – 1990. – № 7. – С. 64–66.
88. Калина, Г. П. Бактерии рода *Moraxella*. Экология / Г. П. Калина, Г. М. Трухина // *Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунологии*. – 1987. – Т. 64, № 2. – С. 93–102.
89. Калина, Г. П. Патогенны ли моракселлы? Проблема и ее возможные решения / Г. П. Калина, Г. М. Трухина // *Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунологии*. – 1988. – Т. 65, № 1. – С. 80–88.
90. Коротяев, А. И. Медицинская микробиология, иммунология и вирусология / А. И. Коротяев, С. А. Бабичев. – СПб. : СпецЛит, 2010. – 772 с.
91. Поздеев, О. К. Медицинская микробиология / О. К. Поздеев. – М. : Гэотар-Мед, 2001. – 778 с.

References

1. Fenchel T., King G.M., and Blackburn T.H. *Bacterial Biogeochemistry: The Ecophysiology of Mineral Cycling*. Academic Press Publ., 2012. 303 p. DOI: <https://doi.org/10.1016/C2010-0-67238-5>.
2. Tu Q., Yu H., He Z., et al. GeoChip 4: A functional gene-array-based high-throughput environmental technology for microbial community analysis. *Molecular Ecology Resources*, 2014, vol. 14, no. 5, pp. 914–928. DOI: <https://doi.org/10.1111/1755-0998.12239>.
3. Mason O.U., Hazen T.C., Borglin S., et al. Metagenome, metatranscriptome and single-cell sequencing reveal microbial response to Deepwater Horizon oil spill. *ISME Journal*, 2012, vol. 6, no. 9, pp. 1715–1727. DOI: <https://doi.org/10.1038/ismej.2012.59>.
4. Wong C.W., Heng C.L.W., Wan Yee L., et al. Optimization and clinical validation of a pathogen detection microarray. *Genome Biology*, 2007, vol. 8, no. 5, pp. R93. DOI: <https://doi.org/10.1186/gb-2007-8-5-r93>.
5. Norman J.M., Handley S.A., and Virgin H.W. Kingdom-Agnostic Metagenomics and the Importance of Complete Characterization of Enteric Microbial Communities. *Gastroenterology*, 2014, vol. 146, no. 6, pp. 1459–1469. DOI: <https://doi.org/10.1053/j.gastro.2014.02.001>.
6. Cox M.J., Cookson W.O.C.M., and Moffatt M.F. Sequencing the human microbiome in health and disease. *Human Molecular Genetics*, 2013, vol. 22, no. R1, pp. R88–R94. DOI: <https://doi.org/10.1093/hmg/ddt398>.
7. Beuchat L.R. Ecological factors influencing survival and growth of human pathogens on raw fruits and vegetables. *Microbes and Infection*, 2002, vol. 4, no. 4, pp. 413–423. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1286-4579\(02\)01555-1](https://doi.org/10.1016/S1286-4579(02)01555-1).
8. Samson R.A., Hoekstra E.S., Lund F., Filtenborg O., and Frisvad J.C. Methods for the detection, isolation and characterization of food-borne fungi. In: *Samson R.A., Hoekstra E.S., Frisvad J.C. and Filtenborg O. (eds) Introduction fo food – and airborne fungi*. Utrecht: Centraalbureau voor Schimmelcultures Publ., 2000. pp. 283–297.
9. Houbraken J., Dijksterhuis J., and Samson R.A. Diversity and biology of heat-resistant fungi. In: *Wong H.-C. (ed) Stress responses of Foodborne Microorganisms*. Nova Press Publ., 2012. pp. 331–353.

10. Ropars J., Dupont J., Fontanillas E., et al. Sex in Cheese: Evidence for Sexuality in the Fungus *Penicillium roqueforti*. *PLoS One*, 2012, vol. 7, no. 11. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0049665>.
11. Schacherer J., Shapiro J.A., Ruderfer D.M., and Kruglyak L. Comprehensive polymorphism survey elucidates population structure of *Saccharomyces cerevisiae*. *Nature*, 2009, vol. 458, no. 7236, pp. 342–345. DOI: <https://doi.org/10.1038/nature07670>.
12. Suprun I.I., Tokmakov S.V., Ageeva N.M., and Nasonov A.I. Approbation of SSR-analysis for DNA-identification of commercial wine yeast strains. *Scientific Journal of KubSAU*, 2017, no. 125, pp. 151–163. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21515/1990-4665-125-009>.
13. Fay J.C. and Benavides J.A. Evidence for Domesticated and Wild Populations of *Saccharomyces cerevisiae*. *PLoS Genetics*, 2005, vol. 1, no. 1, pp. 0066–0071. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pgen.0010005>.
14. Fidalgo M., Barrales R.R., Ibeas J.I., and Jimenez J. Adaptive evolution by mutations in the *FLO11* gene. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2006, vol. 103, no. 30, pp. 11228–11233. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.0601713103>.
15. Antonangelo A.T.B.F., Alonso D.P., Ribolla P.E.M., and Colombi D. Microsatellite marker-based assessment of the biodiversity of native bioethanol yeast strains. *Yeast*, 2013, vol. 30, no. 8, pp. 307–317. DOI: <https://doi.org/10.1002/yea.2964>.
16. Franco-Duarte R., Bessa D., Gonçalves F., et al. Genomic and transcriptomic analysis of *Saccharomyces cerevisiae* isolates with focus in succinic acid production. *FEMS Yeast Research*, 2017, vol. 17, no. 6. DOI: <https://doi.org/10.1093/femsyr/fox057>.
17. Moncrief I., Garzon C., Marek S., et al. Development of simple sequence repeat (SSR) markers for discrimination among isolates of *Fusarium proliferatum*. *Journal of Microbiological Methods*, 2016, vol. 126, pp. 12–17. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mimet.2016.03.013>.
18. Legras J.-L., Ruh O., Merdinoglu D., and Karst F. Selection of hypervariable microsatellite loci for the characterization of *Saccharomyces cerevisiae* strains. *International Journal of Food Microbiology*, 2005, vol. 102, no. 1, pp. 73–83. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2004.12.007>.
19. Knight S. and Goddard M.R. Quantifying separation and similarity in a *Saccharomyces cerevisiae* metapopulation. *ISME Journal*, 2015, vol. 9, no. 2, pp. 361–370. DOI: <https://doi.org/10.1038/ismej.2014.132>.
20. Cordero-Bueso G., Rodríguez M.E., Garrido C., Cantoral J.M. Rapid and not culture-dependent assay based on multiplex PCR-SSR analysis for monitoring inoculated yeast strains in industrial wine fermentations. *Archives of Microbiology*, 2017, vol. 199, no. 1, pp. 135–143. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00203-016-1287-4>.
21. Teresa Fernández-Espinar M., Esteve-Zarzoso B., Querol A., and Barrio E. RFLP analysis of the ribosomal internal transcribed spacers and the 5.8S rRNA gene region of the genus *Saccharomyces*: A fast method for species identification and the differentiation of flor yeasts. *Antonie van Leeuwenhoek, International Journal of General and Molecular Microbiology*, 2000, vol. 78, no. 1, pp. 87–97. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1002741800609>.
22. Bokulich N.A. and Mills D.A. Next-generation approaches to the microbial ecology of food fermentations. *BMB Reports*, 2012, vol. 45, no. 7, pp. 377–389. DOI: <https://doi.org/10.5483/BMBRep.2012.45.7.148>.
23. Esteve-Zarzoso B., Belloch C., Uruburu F., and Querol A. Identification of yeasts by RFLP analysis of the 5.8S rRNA gene and the two ribosomal internal transcribed spacers. *International Journal of Systematic Bacteriology*, 1999, vol. 49, no. 1, pp. 329–337. DOI: <https://doi.org/10.1099/00207713-49-1-329>.
24. Sun Y. and Liu Y. Investigating of yeast species in wine fermentation using terminal restriction fragment length polymorphism method. *Food Microbiology*, 2014, vol. 38, pp. 201–207. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fm.2013.09.001>.
25. Frickmann H., Zautner A.E., Moter A., et al. Fluorescence in situ hybridization (FISH) in the microbiological diagnostic routine laboratory: a review. *Critical Reviews in Microbiology*, 2017, vol. 43, no. 3, pp. 263–293. DOI: <https://doi.org/10.3109/1040841X.2016.1169990>.
26. Kermani F.R., Kafi-Abad S.A., Hosseini K.M., et al. Evaluation of the Performance Characteristics of an In-House One Step TaqMan Real Time-Polymerase Chain Reaction Assay for Detection and Quantification of Hepatitis C Virus. *Jundishapur Journal of Microbiology*, 2017, vol. 10, no. 3. DOI: <https://doi.org/10.5812/jjm.42884>.
27. Speksnijder A.G.C.L., Kowalchuk G.A., De Jong S., et al. Microvariation Artifacts Introduced by PCR and Cloning of Closely Related 16S rRNA Gene Sequences. *Applied and Environmental Microbiology*, 2001, vol. 67, no. 1, pp. 469–472. DOI: <https://doi.org/10.1128/AEM.67.1.469-472.2001>.
28. Margulies M., Egholm M., Altman W.E. Genome sequencing in microfabricated high-density picolitre reactors. *Nature*, 2005, vol. 437, no. 7057, pp. 376–380. DOI: <https://doi.org/10.1038/nature03959>.
29. Balasubramanian S. Solexa Sequencing: Decoding Genomes on a Population Scale. *Clinical Chemistry*, 2015, vol. 61, no. 1, pp. 21–24. DOI: <https://doi.org/10.1373/clinchem.2014.221747>.
30. Liu L., Li Y., Li S., et al. Comparison of next-generation sequencing systems. *Journal of Biomedicine and Biotechnology*, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1155/2012/251364>.
31. Oliver S.P., Jayarao B.M., and Almeida R.A. Foodborne Pathogens in Milk and the Dairy Farm Environment: Food Safety and Public Health Implications. *Foodborne Pathogens and Disease*, 2005, vol. 2, no. 2, pp. 115–129. DOI: <https://doi.org/10.1089/fpd.2005.2.115>.
32. Peck M.W. *Clostridium botulinum* and the safety of minimally heated, chilled foods: an emerging issue? *Journal of Applied Microbiology*, 2006, vol. 101, no. 3, pp. 556–570. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2006.02987.x>.

33. Doyle C.J., Gleeson D., Jordan K., et al. Anaerobic sporeformers and their significance with respect to milk and dairy products. *International Journal of Food Microbiology*, 2015, vol. 197, pp. 77–87. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2014.12.022>.
34. Tesfaye W., Morales M.L., García-Parrilla M.C., and Troncoso A.M. Wine vinegar: technology, authenticity and quality evaluation. *Trends in Food Science and Technology*, 2002, vol. 13, no. 1, pp. 12–21. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0924-2244\(02\)00023-7](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(02)00023-7).
35. Gullo M. and Giudici P. Acetic acid bacteria in traditional balsamic vinegar: Phenotypic traits relevant for starter cultures selection. *International Journal of Food Microbiology*, 2008, vol. 125, no. 1, pp. 46–53. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2007.11.076>.
36. Iabaca C., Navarrete P., Mardones P., Romero J., and Mas A. Application of culture culture-independent molecular biology based methods to evaluate acetic acid bacteria diversity during vinegar processing. *International Journal of Food Microbiology*, 2008, vol. 126, no. 1–2, pp. 245–249. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2008.05.001>.
37. Mitsuoka T. Development of functional foods. *Bioscience of Microbiota, Food and Health*, 2014, vol. 33, no. 3, pp. 117–128. DOI: <https://doi.org/10.12938/bmfh.33.117>.
38. Godálová Z., Kraková L., Puškárová A., et al. Bacterial consortia at different wine fermentation phases of two typical Central European grape varieties: Blaufränkisch (Frankovka modrá) and Grüner Veltliner (Veltlínske zelené). *International Journal of Food Microbiology*, 2016, vol. 217, pp. 110–116. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2015.10.015>.
39. Edwards R.A. and Rohwer F. Viral metagenomics. *Nature Reviews Microbiology*, 2005, vol. 3, no. 6, pp. 504–510. DOI: <https://doi.org/10.1038/nrmicro1163>.
40. Logares R., Sunagawa S., Salazar G., et al. Metagenomic 16S rDNA Illumina tags are a powerful alternative to amplicon sequencing to explore diversity and structure of microbial communities. *Environmental Microbiology*, 2014, vol. 16, no. 9, pp. 2659–2671. DOI: <https://doi.org/10.1111/1462-2920.12250>.
41. Varrone C., Floriotis G., Heggeset T.M.B. Continuous fermentation and kinetic experiments for the conversion of crude glycerol derived from second-generation biodiesel into 1,3 propanediol and butyric acid. *Biochemical Engineering Journal*, 2017, vol. 128, pp. 149–161. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bej.2017.09.012>.
42. Humblot C. and Guyot J.P. Pyrosequencing of tagged 16S rRNA gene amplicons for rapid deciphering of the microbiomes of fermented foods such as pearl millet slurries. *Applied and Environmental Microbiology*, 2009, vol. 75, no. 13, pp. 4354–4361. DOI: <https://doi.org/10.1128/AEM.00451-09>.
43. Peter-Katalinić J. and Hillenkamp F. MALDI MS: *A Practical Guide to Instrumentation, Methods and Applications*. Wiley-VCH Publ., 2007. 345 p. DOI: <https://doi.org/10.1002/9783527610464>.
44. Zautner A.E., Masanta W.O., Tareen A.M., et al. Discrimination of multilocus sequence typing-based *Campylobacter jejuni* subgroups by MALDI-TOF mass spectrometry. *BMC microbiology*, 2013, vol. 13. DOI: <https://doi.org/10.1186/1471-2180-13-247>.
45. Cheng K., Chui H., Domish L., Hernandez D., and Wang G. Recent development of mass spectrometry and proteomics applications in identification and typing of bacteria. *Proteomics – Clinical Applications*, 2016, vol. 10, no. 4, pp. 346–357. DOI: <https://doi.org/10.1002/prca.201500086>.
46. Urwyler S.K. and Glaubitz J. Advantage of MALDI-TOF-MS over biochemical-based phenotyping for microbial identification illustrated on industrial applications. *Letters in Applied Microbiology*, 2016, vol. 62, no. 2, pp. 130–137. DOI: <https://doi.org/10.1111/lam.12526>.
47. Drevinek M., Dresler J., Klimentova J., Pisa L., and Hubalek M. Evaluation of sample preparation methods for MALDI-TOF MS identification of highly dangerous bacteria. *Letters in Applied Microbiology*, 2012, vol. 55, no. 1, pp. 40–46. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1472-765X.2012.03255.x>.
48. Doan N.T.L., Van Hoorde K., Cnockaert M., et al. Validation of MALDI-TOF MS for rapid classification and identification of lactic acid bacteria, with a focus on isolates from traditional fermented foods in Northern Vietnam. *Letters in Applied Microbiology*, 2012, vol. 55, no. 4, pp. 265–273. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1472-765X.2012.03287.x>.
49. Martinović T., Andjelković U., Gajdošik M.Š. Foodborne pathogens and their toxins. *Journal of Proteomics*, 2016, vol. 147, pp. 226–235. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jprot.2016.04.029>.
50. Ferrario C., Lugli G.A., Ossiprandi M.C., et al. Next generation sequencing-based multigene panel for high throughput detection of food-borne pathogens. *International Journal of Food Microbiology*, 2017, vol. 256, pp. 20–29. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2017.05.001>.
51. Scallan E., Hoekstra R.M., Mahon B.E., Jones T.F., and Griffin P.M. An assessment of the human health impact of seven leading foodborne pathogens in the United States using disability adjusted life years. *Epidemiology and Infection*, 2015, vol. 143, no. 13, pp. 2795–2804. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0950268814003185>.
52. European Union summary report on trends and sources of zoonoses, zoonotic agents and food-borne outbreaks in 2013. *EFSA Journal*, 2015, vol. 13, no. 1, pp. 3991–4156. DOI: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2015.3991>.
53. Newell D.G., Koopmans M., Verhoef L., et al. Food-borne diseases – The challenges of 20years ago still persist while new ones continue to emerge. *International Journal of Food Microbiology*, 2010, vol. 139, pp. S3–S15. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2010.01.021>.
54. Ranjbar R., Rahbar M., Naghoni A. A cholera outbreak associated with drinking contaminated well water. *Archives of Iranian Medicine*, 2011, vol. 14, no. 5, pp. 339–340.
55. Mao Z., Zheng H., Wang X., et al. DNA microarray for direct identification of bacterial pathogens in human stool samples. *Digestion*, 2008, vol. 78, no. 2–3, pp. 131–138. DOI: <https://doi.org/10.1159/000174465>.

56. Ranjbar R., Karami A., Farshad S., Giammanco G.M., and Mammina C. Typing methods used in the molecular epidemiology of microbial pathogens: a how-to guide. *New Microbiologica*, 2014, vol. 37, no. 1, pp. 1–15.
57. Velusamy V., Arshak K., Korostynska O., Oliwa K., and Adley C. An overview of foodborne pathogen detection: In the perspective of biosensors. *Biotechnology Advances*, 2010, vol. 28, no. 2, pp. 232–254. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2009.12.004>.
58. Mayo B., Rachid C.T.C.C., Alegría Á., et al. Impact of Next Generation Sequencing Techniques in Food Microbiology. *Current Genomics*, 2014, vol. 15, no. 4, pp. 293–309. DOI: <https://doi.org/10.2174/1389202915666140616233211>.
59. Ranjan R., Rani A., Metwally A., McGee H.S., and Perkins D.L. Analysis of the microbiome: Advantages of whole genome shotgun versus 16S amplicon sequencing. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 2016, vol. 469, no. 4, pp. 967–977. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2015.12.083>.
60. Staden R.A. strategy of DNA sequencing employing computer programs. *Nucleic Acids Research*, 1979, vol. 6, no. 7, pp. 2601–2610. DOI: <https://doi.org/10.1093/nar/6.7.2601>.
61. Yang X., Noyes N.R., Doster E., et al. Use of metagenomic shotgun sequencing technology to detect foodborne pathogens within the microbiome of the beef production chain. *Applied and Environmental Microbiology*, 2016, vol. 82, no. 8, pp. 2433–2443. DOI: <https://doi.org/10.1128/AEM.00078-16>.
62. Richardson K.A., Statt S., Wu G., et al. Abstract 5438: Multiplexed ICE COLD-PCR coupled to NGS and ddPCR enables enhanced detection of low-level DNA mutations in tissues and liquid biopsies. *Cancer Research*, 2015, vol. 75, no. 15 Supplement, pp. 5438–5438. DOI: <https://doi.org/10.1158/1538-7445.AM2015-543>.
63. Perkel J. Guiding our pcr experiments. *BioTechniques*, 2015, vol. 58, no. 5, pp. 217–221. DOI: <https://doi.org/10.2144/000114283>.
64. Gerdes L., Iwobi A., Busch U., and Pecoraro S. Optimization of digital droplet polymerase chain reaction for quantification of genetically modified organisms. *Biomolecular Detection and Quantification*, 2016, vol. 7, pp. 9–20. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bdq.2015.12.003>.
65. Rothrock M.J., Hiatt K.L., Kiepper B.H., Ingram K., and Hinton A. Quantification of Zoonotic Bacterial Pathogens within Commercial Poultry Processing Water Samples Using Droplet Digital PCR. *Advances in Microbiology*, 2013, vol. 3, no. 5, pp. 403–411. DOI: <https://doi.org/10.4236/aim.2013.35055>.
66. Kim T.G., Jeong S.Y., Cho K.S. Comparison of droplet digital PCR and quantitative real-time PCR for examining population dynamics of bacteria in soil. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 2014, vol. 98, no. 13, pp. 6105–6113. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00253-014-5794-4>.
67. Meiser P., Xu Z., Kirsch G., and Jacob C. Systemic Enzyme Therapy: Fact or Fiction? A Review with Focus on Bromelains, Proteolytic Enzymes from the Pineapple Plant. In: *Jacob C., Kirsch G., Slusarenko A.J., Winyard P.G., and Burkholz T. (eds) Recent Advances in Redox Active Plant and Microbial Products: From Basic Chemistry to Widespread Applications in Medicine and Agriculture*. Springer Netherlands Publ., 2014. 449–467 p. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-94-017-8953-0>.
68. Muratovic A.Z., Tröger R., Granelli K., and Hellenäs K.-E. Quantitative Analysis of Cereulide Toxin from *Bacillus cereus* in Rice and Pasta Using Synthetic Cereulide Standard and ¹³C₆-Cereulide Standard – A Short Validation Study. *Toxins*, 2014, vol. 6, no. 12, pp. 3326–3335. DOI: <https://doi.org/10.3390/toxins6123326>.
69. Stobiecki M., Skiryecz A., Kerhoas L., et al. Profiling of phenolic glycosidic conjugates in leaves of *Arabidopsis thaliana* using LC/MS. *Metabolomics*, 2006, vol. 2, no. 4, pp. 197–219. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11306-006-0031-5>.
70. Yang X.-Y., Lu J., Sun X., and He Q.-Y. Application of subproteomics in the characterization of Gram-positive bacteria. *Journal of Proteomics*, 2012, vol. 75, no. 10, pp. 2803–2810. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jprot.2011.12.027>.
71. Enany S., Yoshida Y., Magdeldin S., et al. Extensive proteomic profiling of the secretome of European community acquired methicillin resistant *Staphylococcus aureus* clone. *Peptides*, 2012, vol. 37, no. 1, pp. 128–137. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.peptides.2012.06.011>.
72. Field D., O'Connor R., Cotter P.D., Ross, R.P., and Hill C. *In vitro* activities of nisin and nisin derivatives alone and in combination with antibiotics against *Staphylococcus* biofilms. *Frontiers in Microbiology*, 2016, vol. 7. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.00508>.
73. Quigley L., O'Sullivan O., Stanton C., et al. The complex microbiota of raw milk. *FEMS Microbiology Reviews*, 2013, vol. 37, no. 5, pp. 664–698. DOI: <https://doi.org/10.1111/1574-6976.12030>.
74. Tarekgne E.K., Skjerdal T., Skeie S., et al. Enterotoxin Gene Profile and Molecular Characterization of *Staphylococcus aureus* Isolates from Bovine Bulk Milk and Milk Products of Tigray Region, Northern Ethiopia. *Journal of Food Protection*, 2016, vol. 79, no. 8, pp. 1387–1395. DOI: <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-16-003>.
75. Javed I., Ahmed S., Manam S., et al. Production, characterization, and antimicrobial activity of a bacteriocin from newly isolated *Enterococcus faecium* IJ-31. *Journal of Food Protection*, 2010, vol. 73, no. 1, pp. 44–52. DOI: <https://doi.org/10.4315/0362-028X-73.1.44>.
76. Remenant B., Jaffrès E., Dousset X., Pilet M.-F., Zagorec M. Bacterial spoilers of food: Behavior, fitness and functional properties. *Food Microbiology*, 2015, vol. 45, no. PA, pp. 45–53. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fm.2014.03.009>.
77. Lücking G., Stoeckel M., Atamer Z., Hinrichs J., and Ehling-Schulz M. Characterization of aerobic spore-forming bacteria associated with industrial dairy processing environments and product spoilage. *International Journal of Food Microbiology*, 2013, vol. 166, no. 2, pp. 270–279. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2013.07.004>.
78. Caporaso J.G., Kuczynski J., Stombaugh J., et al. QIIME allows analysis of high-throughput community sequencing data. *Nature Methods*, 2010, vol. 7, no. 5, pp. 335–336. DOI: <https://doi.org/10.1038/nmeth.f.303>.

79. Schloss P.D., Westcott S.L., Ryabin T., et al. Introducing mothur: Open-source, platform-independent, community-supported software for describing and comparing microbial communities. *Applied and Environmental Microbiology*, 2009, vol. 75, no. 23, pp. 7537–7541. DOI: <https://doi.org/10.1128/AEM.01541-09>.
80. Maidak B.L., Cole J.R., Lilburn T.G., et al. The RDP-II (Ribosomal Database Project). *Nucleic Acids Research*, 2001, vol. 29, no. 1, pp. 173–174. DOI: <https://doi.org/10.1093/nar/29.1.173>.
81. Pruesse E., Quast C., Knittel K., et al. SILVA: A comprehensive online resource for quality checked and aligned ribosomal RNA sequence data compatible with ARB. *Nucleic Acids Research*, 2007, vol. 35, no. 21, pp. 7188–7196. DOI: <https://doi.org/10.1093/nar/gkm864>
82. DeSantis T.Z., Hugenholtz P., Larsen N., et al. Greengenes, a chimera-checked 16S rRNA gene database and workbench compatible with ARB. *Applied and Environmental Microbiology*, 2006, vol. 72, no. 7, pp. 5069–5072. DOI: <https://doi.org/10.1128/AEM.03006-05>.
83. Kõljalg U., Nilsson R.H., Abarenkov K., et al. Towards a unified paradigm for sequence-based identification of fungi. *Molecular Ecology*, 2013, vol. 22, no. 21, pp. 5271–5277. DOI: <https://doi.org/10.1111/mec.12481>.
84. Deshpande V., Wang Q., Greenfield P., et al. Fungal identification using a Bayesian classifier and the Warcup training set of internal transcribed spacer sequences. *Mycologia*, 2016, vol. 108, no. 1, pp. 1–5. DOI: <https://doi.org/10.3852/14-293>.
85. Zubkov M.N. Biologicheskie osobennosti bakteriy roda *Moraxella* i ikh ehtiologicheskaya rol' v patologii cheloveka. Soobshchenie II. Kharakteristika biokhimicheskikh svoystv i identifikatsiya [Biological features of bacteria of the genus *Moraxella* and their etiological role in human pathology. Post II. Characteristics of biochemical properties and identification]. *Laboratornoe delo* [Laboratory work], 1988, no. 3, pp. 15–18. (In Russ.).
86. Zubkov M.N. Kharakteristika serologicheskikh svoystv bakteriy roda *Moraxella* [Characteristics of the serological properties of bacteria of the genus *Moraxella*]. *Laboratornoe delo* [Laboratory work], 1990, no. 7, pp. 64–66. (In Russ.).
87. Kalina G.P. and Trukhina G.M. Bakterii roda *Moraxella*. Ehkologiya [Bacteria of the genus *Moraxella*. Ecology]. *Zhurnal mikrobiologii, ehpidemiologii i immunologii* [Journal of Microbiology, Epidemiologists and Immunology], 1987, vol. 64, no. 2, pp. 93–102. (In Russ.).
88. Kalina G.P. and Trukhina G.M. Patogenny li morakselly? Problema i ee vozmozhnye resheniya [Are *Moraxella* pathogens? Problem and its possible solutions]. *Zhurnal mikrobiologii, ehpidemiologii i immunologii* [Journal of Microbiology, Epidemiologists and Immunology], 1988, vol. 65, no. 1, pp. 80–88. (In Russ.).
89. Korotyayev A.I. and Babichev S.A. *Meditsinskaya mikrobiologiya, immunologiya i virusologiya* [Medical microbiology, immunology, and virology]. St. Petersburg: SpecLit Publ., 2010. 772 p. (In Russ.).
90. Pozdeev O.K. *Meditsinskaya mikrobiologiya* [Medical Microbiology]. Moscow: Geotar-Med Publ., 2001. 778 p. (In Russ.).

Деревщикова Мария Ивановна

магистрант, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», 394018, Россия, г. Воронеж, Университетская площадь, 1.

Сыромятников Михаил Юрьевич

канд. биол. наук, доцент кафедры генетики, цитологии и биоинженерии, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», 394018, Россия, г. Воронеж, Университетская площадь, 1, тел.: + 7 (473) 220-88-76, e-mail: syromyatnikov@bio.vsu.ru

Попов Василий Николаевич

д-р биол. наук, профессор, заведующий кафедры генетики, цитологии и биоинженерии, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», 394018, Россия, г. Воронеж, Университетская площадь, 1, тел.: + 7 (473) 220-88-76, e-mail: pvn@bio.vsu.ru

 <http://orcid.org/0000-0003-1294-8686>

Mariya I. Derevshchikova

Undergraduate, Voronezh State University, 1 Universitetskaya Square, Voronezh, 394018, Russia

Mikhail Yu. Syromyatnikov

Cand.Sci.(Biol.), Associate Professor of the Department of Genetics, Cytology and Bioengineering, Voronezh State University, 1 Universitetskaya Square, Voronezh, 394018, Russia, phone: + 7 (473) 220-88-76, e-mail: syromyatnikov@bio.vsu.ru

Vasily N. Popov

Dr.Sci.(Biol.), Professor, Head of the Department of Genetics, Cytology and Bioengineering, Voronezh State University, 1 Universitetskaya Square, Voronezh, 394018, Russia, phone: + 7 (473) 220-88-76, e-mail: pvn@bio.vsu.ru

 <http://orcid.org/0000-0003-1294-8686>

<https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-4-114-120>
УДК 664:663.12

Оригинальная статья
<http://fptt.ru/>

Новый штамм *Saccharomyces cerevisiae* A112 для получения биомасс, обогащенных цинком

Н. Т. М. Кхань*, Н. Т. Чанг, Л. Д. Мань, Л. Х. Куанг

Дата поступления в редакцию: 06.12.2018
Дата принятия в печать: 28.12.2018

НИИ пищевой промышленности,
10000, Вьетнам, г. Ханой, ул. Нгуен Чай, 301

*e-mail: minhkhanh@fri.vn



© Н. Т. М. Кхань, Н. Т. Чанг, Л. Д. Мань, Л. Х. Куанг, 2018

Аннотация. Научно-исследовательский институт пищевой промышленности является одним из ведущих научно-исследовательских институтов во Вьетнаме, которые изучают применение микроорганизмов в производстве продуктов питания. Одной из основных целей Института является сбор и поиск новых штаммов для исследований и производства. В рамках этой цели в последние годы Институт фокусируется на продуктах, использующих биомассы микроорганизмов, таких как дрожжевая биомасса, обогащенная цинком и селеном. В данной работе изучение нового штамма дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* A112 для получения высоко-цинкосодержащих препаратов обусловило цель наших исследований, которая заключается в детальном изучении некоторых свойств и стабильности нового штамма *Saccharomyces cerevisiae* A112 при культивировании его в лабораторных условиях с добавлением соли сульфата цинка. Исследования проводили в Научно-Исследовательском Институте Пищевой Промышленности Вьетнама. Результаты позволили использовать штамм *Saccharomyces cerevisiae* A112 для получения цинк-обогащенных биомасс дрожжей в промышленном масштабе. Установлено, что штамм *S. cerevisiae* A112 способен содержать самое большое количество цинка – до 12,88 мг в одном грамме сухой биомассы при добавлении соли сульфата цинка около 1 г/л в питательной среде. Кроме этого, он устойчив к температуре до 35 °С. Оптимальная температура роста принадлежит диапазону: от 28 °С до 33 °С.

Ключевые слова. Цинк-обогащенная биомасса, дрожжи, *Saccharomyces cerevisiae*, цинк, хлебопекарные прессованные дрожжи

Для цитирования: Новый штамм *Saccharomyces cerevisiae* A112 для получения биомасс, обогащенных цинком / Н. Т. М. Кхань, Н. Т. Чанг, Л. Д. Мань [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 4. – С. 114–120. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-4-114-120>.

Original article

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

New Strain *Saccharomyces cerevisiae* A112 for the Production of Zinc-Fortified Biomass

N.T.M. Khanh*, N.T. Trang, L.D. Manh, L.H. Quang

Received: December 06, 2018
Accepted: December 28, 2018

Food industries Research Institute,
301, Nguyen Trai Str., Hanoi, 10000, Vietnam

*e-mail: minhkhanh@fri.vn



© N.T.M. Khanh, N.T. Trang, L.D. Manh, L.H. Quang, 2018

Abstract. The Food Industries Research Institute of Vietnam is one of the leading research institutes in the country, which study the use of microorganisms in food production. One of the main goals of the Institute is to collect and search for new strains for further research and production. Recently, the Institute has focused on products that use biomasses of microorganisms, such as zinc- and selenium-fortified yeast biomass. The present research features new yeast strains for the production of high-zinc-containing preparations. The studies examined the properties of *Saccharomyces cerevisiae* A112 and its stability under laboratory conditions. The research was conducted at the Food Industries Research Institute of Vietnam. The *Saccharomyces cerevisiae* A112 was found to contain up to 12.88 mg of zinc per gram of dry biomass when 1 g/l sulfate salt was added to the medium. The results allowed for industrial use of zinc-enriched yeast biomass. The new strain is resistant to temperatures up to 35°C while the optimal growth temperature is 28–33°C.

Keywords. Zinc-fortified biomass, high-zinc-containing preparations, yeast, *Saccharomyces cerevisiae*, zinc

For citation: Khanh N.T.M., Trang N.T., Manh L.D., and Quang L.H. New Strain *Saccharomyces cerevisiae* A112 for the Production of Zinc-Fortified Biomass. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2018, vol. 48, no. 4, pp. 114–120. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-4-114-120>.

Введение

Цинк очень важен для организма, как и другие микроэлементы и витамины. Он обладает ранозаживляющими свойствами. Он нужен для организма, так как в нем нуждаются все ткани и органы человека. Цинк жизненно необходим для развития репродуктивной системы, нормализации гормонального фона, укрепления иммунитета и регенерации. Цинк можно найти в составе более 300 ферментов, в том числе тех, которые участвуют в синтезе ДНК (дезоксирибонуклеиновой кислоты), сложных эфиров, белков и жиров [1]. Цинк участвует практически во всех стадиях роста клеток. Особый интерес к цинку связан с открытием его роли в нуклеиновом обмене, процессах транскрипции, стабилизации нуклеиновых кислот, белков и особенно компонентов биологических мембран, а также в обмене витамина А [2].

Цинк относится к важным и незаменимым для жизнедеятельности организма человека микроэлементам. Уровень потребления цинка в различных странах варьируется в довольно широких пределах – от 5,5 до 17,4 мг/сут [3]. Для взрослого мужчины рекомендуемая доза применения цинка составляет 15 мг, для детей – 5–10 мг в день, для беременных женщин – около 15 мг в сутки [4].

Недостаток цинка вызывает функциональные и морфологические изменения в деятельности органов и систем [5]. При недостатке цинка будет наблюдаться: снижение аппетита, анемия, аллергические заболевания, частые простуды, дерматиты, снижение массы тела и остроты зрения, а также выпадение волос. Данный элемент увеличивает уровень тестостерона, но при его недостатке будет происходить задержка полового развития мальчиков и потеря активности сперматозоидов для оплодотворения яйцеклетки. Также при недостаточном количестве цинка очень плохо заживают раны и долго восстанавливаются ткани после травм.

Недостаточность микроэлементов часто регистрируется в раннем детстве, когда потребность организма в них особенно высока, а пища не всегда содержит их в достаточном количестве. У 70 % детей до 6 лет есть необходимость введения цинка для укрепления иммунитета, костной ткани (особенно у детей, которые не получали грудного кормления). Дети 6–14 лет имеют дефицит в 50 % случаев. У подростков 14–18 лет чаще всего наблюдается дефицит кальция (40 %), магния (50 %) и цинка (30 %) [6].

Главным источником цинка являются зерновые, однако, при их очистке от отрубей содержание цинка значительно снижается. Обогащение цинком пищевых продуктов и полуфабрикатов является актуальной проблемой [7], для решения которой предложен ряд биодобавок. В частности, зарегистрированы пивные дрожжи, обогащенные цинком [3].

Биомасса дрожжей в современной биотехнологии считается источником белка, сбалансированного по незаменимым аминокислотам.

Биомасса дрожжей является источником белка, витаминов, липидов и других ценных веществ. Дрожжевая биомасса содержит около 44–45 % белка, 25–35 % углеводов, липиды составляют около 1,5–5 %, минералы около 6–12 %. Это доказывает, что пищевая ценность дрожжевой биомассы очень велика. Кроме аминокислот, в дрожжевой биомассе содержится большое количество витаминов группы В [8].

Дрожжи обладают способностью накапливать металлы (Pb, Hg, Cr, Mn, Cu, Zn, Cd и т.д.) в клетках при различных уровнях роста в присутствии этих металлов. Металлы Cu, Zn и Mn оказывают положительное влияние на активность дыхания и темпы роста дрожжей [15]. Большинство видов дрожжей имеет способность накапливать цинк в их биомассе при культивировании с добавлением солей цинка. Но количество цинка, содержащееся в дрожжевой биомассе, различно для разных видов и штаммов дрожжей. Поэтому значительный интерес для дальнейших исследований представляет поиск и изучение новых штаммов, которые способны содержать большое количество цинка в их биомассе.

Целью данной работы является изучение в деталях нового штамма *S. cerevisiae* A112, который выделен из земли во Вьетнаме, для получения высоко-цинкосодержащих препаратов.

Объекты и методы исследования

Основным объектом является штамм *Saccharomyces cerevisiae* A112, выделенный из земли, которая собрана в зоне Шонг Конг города Тхай Нгуен Вьетнама. В качестве контрольного штамма, используемого в пищевой промышленности, был выбран штамм *S. cerevisiae* CNTP 4087 из коллекции центра промышленных микроорганизмов в Научно-исследовательском институте пищевой промышленности (Вьетнам). Указанный штамм обладает способностью эффективно утилизировать моно-, ди- и трисахариды с образованием этилового спирта. Штамм *S. cerevisiae* CNTP 4087 является типичным штаммом, использующимся для получения цинксодержащих препаратов [9].

Для изучения соотношения штамма *S. cerevisiae* A112 к различным источникам углеводов использовали ID-32C (Германия) – систему для идентификации дрожжевых грибов.

Тестирования на устойчивость к температуре проводили путем переноса 1 мл культуры дрожжей с помощью пипетки на твердую среду в чашках и инкубировали при различных температурах в течение 48 часов [10].

Для изучения способности обогащения цинком в биомассе пекарские дрожжи выращивали на питательной среде следующего состава (опытный вариант): вода дистиллированная – 1 л; глюкоза – 100 г/л; дрожжевой экстракт – 3 г/л; пептон – 5 г/л; солодовой экстракт – 3 г/л, в который добавили соль цинка (сульфат цинка) с различными концентрациями соли:

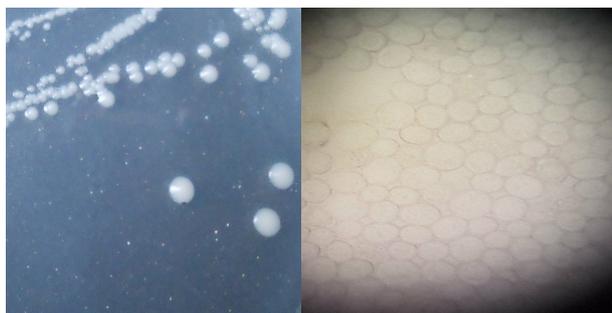


Рисунок 1 – Морфология роста колоний штамма *S. cerevisiae* A112 и микроскопическая картина отдельно взятых колоний при световой микроскопии

Figure 1 – The morphology of the growth of colonies of *S. cerevisiae* A112 strain and the microscopic picture of individual colonies under light microscopy

0,25; 0,5; 1; 1,5; 2,0 г/л. Контрольная среда содержала: вода дистиллированная – 1 л; глюкоза – 100 г/л; дрожжевой экстракт – 3 г/л; пептон – 5 г/л; солодовый экстракт – 3 г/л. Культивирование проводили в шейкере со скоростью 150 об/мин, при температуре 28 °С и в течение 48 часов.

Для получения сухой биомассы она была высушена при температуре 60 °С в течение 2 часов, потом выдержана при температуре 105 °С до постоянной массы [4]. Биомасса клеток измеряется в граммах сухих веществ/л.

В данной работе общее содержание цинка в дрожжевых образцах анализировали методом атомно-абсорбционной спектроскопии (ААС). Перенесли 50 мг высушенного образца дрожжевой биомассы в колбу и добавили 2 мл концентрированного раствора HNO_3 . Спустя 12 часов добавили 1 мл концентрированного раствора H_2O_2 и разрушили данный образ СВЧ-печью. Далее, налили дистиллированную воду в колбу с образцом до 10 мл. Из этого раствора взяли 1 мл и разбавили с 10 мл 2 % раствора HNO_3 . Затем образцы помещали в атомно-абсорбционный спектрофотометр и

анализировали содержание цинка (длина волны 213,9 нм) [11].

Результаты и их обсуждение

Морфологические признаки. Клетки нового штамма *S. cerevisiae* A112 имеют типичную форму и размер. Клетки круглые, кругло-овальные, размером 5,0–8,8 мкм. Колонии на солодовом сусле-агаре матовые, гладкие, консистенция пастообразная, цвет кремовый, форма круглая, край ровный, профиль конусообразный, внутренний узор однородный (рис. 1).

В жидком солодовом сусле формируется плотный осадок, кольцо и пленку не образует. Размножается почкованием.

Отношение к источникам углеводов. Для определения видовой принадлежности штамма *S. cerevisiae* A112 использовали ID-32C (Германия) – система для идентификации дрожжевых грибов. Полоска (стрип) ID-32C состоит из 32 лунок, содержащих высушенные субстраты, которые позволяют провести 30 ассимиляционных тестов. Лунки заливали полужидкой минимальной средой. Рост дрожжей в лунке свидетельствует о том, что они способны использовать тот или иной субстрат в качестве единственного источника углерода. Реакции учитывали путем сравнения характера роста с контролем через 24, 48, 96 ч (табл. 1).

Установлено, что дрожжи *S. cerevisiae* A112 утилизировали глюкозу, галактозу, сахарозу, мальтозу, Глицерин, D-Маннит, Раффинозу. Отрицательные результаты теста были выявлены на: D-глюкозамине, D-ксилозе, L-арабинозе, D-сорбите, Лактозе, 2-кето-D-Глюконате, Цитрате железа.

Устойчивость к температуре. Устойчивость к повышенной и пониженной температуре является одной из важнейших характеристик штамма, которая может быть в дальнейшем использована в технологическом процессе. Мы изучали устойчивость к температуре нового штамма *S. cerevisiae* A112 по сравнению с контрольным

Таблица 1 – Отношение к источникам углеводов штамма *S. cerevisiae* A112

Table 1 – *S. cerevisiae* A112 and sources of carbohydrate

№	Источники углеводов	Результаты	№	Источники углеводов	Результаты
1	D-Глюкоза	+++	16	Раффиноза	++
2	D-галактоза	+	17	Мелезитоза	–
3	L-сорбоза	+	18	Глицерин	++
4	D-глюкозамин	–	19	Эритритол	+
5	Палатиноза	++	20	D-Маннит	++
6	D-ксилоза	–	21	Мио-инозитол,	–
7	L-арабинозы	–	22	2-кето-D-Глюконат	–
8	L-рамнозы	+	23	Молочная кислота	+
9	Сахароза	++	24	D-Глюконат	+
10	Мальтоза	++	25	Циклогексимид	+
11	α , α -трегалоза	+	26	Глюконат Натрия	+
12	D-сорбит	–	27	Метил α , D-глюкопиранозид	+
13	Целлобиоза	–	28	Левулиновая кислота	+
14	Мелибиоза	+	29	Цитрат железа (ESGulin)	–
15	Лактоза	–	30	Рафинозы	–

Таблица 2 – Устойчивость нового штамма *S. cerevisiae* A112 к температуре

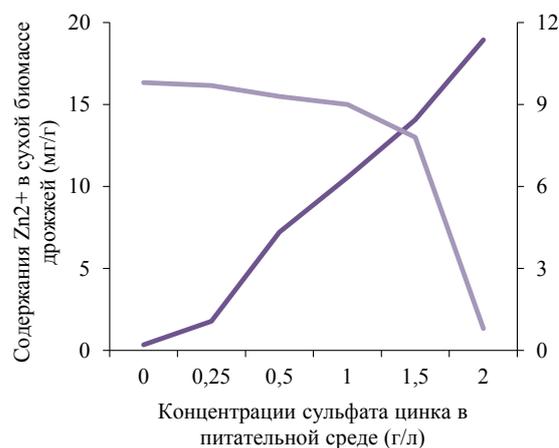
Table 2 – *S. cerevisiae* A112 and its resistance to temperature

№	Температура (°C)	Штаммы	
		<i>S. cerevisiae</i> CNTP 4087	<i>S. cerevisiae</i> A112
1	10	–	–
2	25	+	+
3	28	+++	+++
4	30	+++	+++
5	33	++	+++
6	35	–	+
7	40	–	–

штаммом *S. cerevisiae* CNTP 4087. Установлено, что новый штамм *S. cerevisiae* A112 более устойчив к повышенной температуре (таб. 2). Оптимальная температура роста принадлежит диапазону: от 28 °C до 33 °C. Устойчивость к повышенной температуре производственного штамма можно использовать, повышая температуру брожения. Использование высокотемпературных дрожжей может ускорить ферментацию, снизить риск микробного загрязнения, снизить уровень кислорода, других газов и т. д. [12]. Кроме этого, инвестиционные затраты на охлаждающее оборудование являются экономически выгодными [13,14].

Способность к обогащению цинком биомассы. Для выбора концентрации сульфата цинка новый штамм культивировали в средах с различными концентрациями соли: 0,25; 0,5; 1; 1,5; 2 г/л. Образцы культивировали в течение 48 часов при температуре 28 °C. Мы выявили, что на рост и количество цинка, содержащегося в биомассе, сильно влияет количество соли (рис. 2). При использовании сульфата цинка в малых концентрациях (0,25 и 0,5 г/л) он незначительно влияет на выход сухой дрожжевой биомассы. Но когда количество соли цинка увеличивается до 1 и 1,5 г/л, выход дрожжевой биомассы начинает уменьшаться в сравнении с контрольным образцом. После добавления 1,5 г/л соли цинка и 48 часов культивирования, получили сухую биомассу 7,8 г/л, что в 1,5 раз меньше, чем в контрольном образце (без добавления сульфата соли). В концентрации 2 г/л соли сульфата биомасса снижается до 0,8 г/л. Это явление можно объяснить тем, что большое количество сульфата цинка уже является отрицательным фактором, который прямо влияет на жизнеспособность дрожжевых клеток. Этот результат соответствует исследованиям авторов К. А. Шомаиех и коллег.

Концентрация соли цинка также сильно влияет на содержание цинка в дрожжевой биомассе. Чем больше количество сульфата цинка добавляется в среду, тем больше количество цинка содержится в биомассе. После 48 часов культивирования содержание цинка в биомассе достигало 15,95 мг/г при добавлении 2 г/л сульфата цинка и в культивированной среде.



— Содержание Zn²⁺ в сухой биомассе дрожжей
— Средний выход сухих дрожжей биомассы

Рисунок 2 – Влияние концентрации сульфата цинка на выход биомассы и содержание цинка в дрожжевой биомассе штамма *S. cerevisiae* A112

Figure 2 – The effect of zinc sulphate concentration on biomass yield and zinc content in *S. cerevisiae* A112 yeast biomass

Результаты исследования выявили, что для получения большого количества выхода биомассы с большим количеством содержания цинка нужно выбрать концентрацию сульфата цинка 1 г/л.

Стабильность нового штамма S. cerevisiae A112 при культивировании в биореакторе объема 20Л Solaris (Италия). Культуру штамма *S. cerevisiae* CNTP 4087 и *S. cerevisiae* A112 культивировали в биореакторе при одних и тех же условиях: при температуре 28 °C в течение 48 часов с добавлением 1 г/л сульфата цинка и со скоростью перемешивания 150 об/мин.

Результаты показывают, что при культивировании в биореакторе 20Л оба штамма хорошо развивались. Самый большой выход биомассы после 48 часов культивирования достигал 10,6 г/л для штамма *S. cerevisiae* CNTP 4087 и 13,0 г/л для штамма *S. cerevisiae* A112. Выход

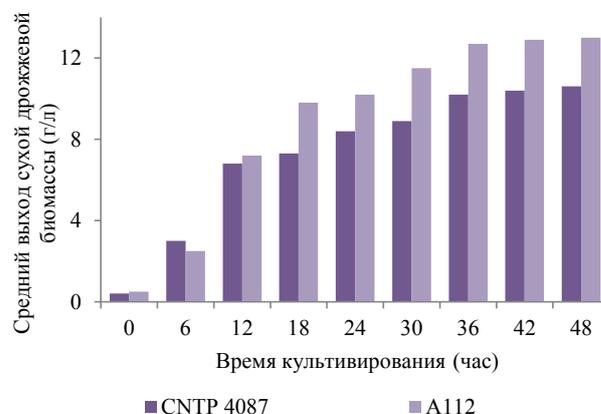


Рисунок 3 – Выход дрожжевой биомассы штаммов *S. cerevisiae* CNTP 4087 и *S. cerevisiae* A112 при культивировании в биореакторе 20Л

Figure 3 – Yeast biomass yield of *S. cerevisiae* CNTP 4087 and *S. cerevisiae* A112 strains when cultured in a 20-litre bioreactor

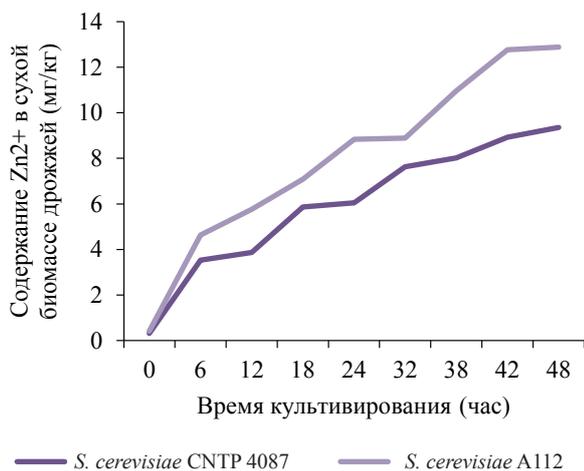


Рисунок 4 – Содержание цинка в сухой биомассе дрожжей при культивировании в биореакторе объема 20Л

Figure 4 – Zinc content in dry yeast biomass when cultivated in a 20-litre bioreactor

биомассы у нового штамма A112 даже лучше, чем у контрольного штамма *S. cerevisiae* CNTP 4087.

Далее мы рассмотрели, как содержание цинка в биомассе дрожжей изменяется при культивировании в биореакторе в течение 48 часов. Немного различий между полученными количествами цинка в биомассе штаммов *S. cerevisiae* CNTP 4087 и *S. cerevisiae* A112 при культивировании в биореакторе 20Л. Самое большое количество цинка в биомассе получено 9,35 мг/г для *S. cerevisiae* CNTP 4087 и 12,88 мг/г для *S. cerevisiae* A112.

Выводы

По результатам изучения некоторых типичных свойств нового штамма *S. cerevisiae* A112

следует, что данный штамм способен эффективно утилизировать моно-, ди- и трисахариды. Новый штамм *S. cerevisiae* A112 устойчив к повышенной температуре. Оптимальная температура роста принадлежит диапазону от 28 °С до 33 °С. Биомасса штамма *S. cerevisiae* A112 обладает способностью адсорбировать цинк. Чем большее количество соли цинка добавляется в питательную среду, тем большее количество цинка содержится в биомассе. Когда концентрация сульфата цинка в питательной среде меньше 1 г/л он незначительно влияет на выход дрожжевой биомассы. Концентрация сульфата цинка более 1 г/л оказывает негативное влияние на выход биомассы, который снижается более чем в 2 раза. При культивировании в биореакторе объема 20Л новый штамм *S. cerevisiae* A112 показал, что он стабильный в культивируемых условиях. Поэтому его возможно использовать в производстве в промышленном масштабе.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Благодарности

Выражаем благодарность и глубокую признательность всем сотрудникам Центра промышленной биохимии и экологии НИИ пищевой промышленности за помощь и советы при работе над данной статьей.

Финансирование

Материалы подготовлены в рамках выполнения научных исследований, осуществляемых НИИ пищевой промышленности в соответствии с Вьетнамским государственным заданием № DTDL CN-59/15

Список литературы

1. De Nicola, R. Interaction between Yeasts and Zinc / R. De Nicola, G. Walker // Yeast Biotechnology: Diversity and Applications / T. Satyanarayana, G. Kunze. – Dordrecht : Springer, 2008. – P. 237–257. DOI: https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8292-4_12.
2. Selenium in biology: Facts and medical perspectives / J. Kohrle, R. Brigelius-Flohe, A. Block [et al.] // Biological Chemistry. – 2000. – Vol. 381, № 9–10. – P. 849–864. DOI: <https://doi.org/10.1515/BC.2000.107>.
3. Обогащение дрожжей солями цинка / Е. В. Будко, А. И. Конопля, А. А. Хабаров [и др.] // Научные Ведомости Белгородского Государственного Университета. Серия: Медицина. Фармация. – 2012. – Т. 129, № 10–3. – С. 90–93.
4. Azad, S. K. Production of zinc-enriched biomass of *Saccharomyces cerevisiae* / S. K. Azad, F. Shariatmadari, M. A. K. Torshizi // Journal of Elementology. – 2014. – Vol. 10, № 2. – P. 313–326. DOI: <https://doi.org/10.5601/jelem.2014.19.2.655>.
5. Importance of the structural zinc atom for the stability of yeast alcohol dehydrogenase / E. Magonet, P. Hayen, D. Delforge [et al.] // Biochemical Journal. – 1992. – Vol. 287, № 2. – P. 361–365. DOI: <https://doi.org/10.1042/bj2870361>.
6. Рустембекова, С. А. Элементный портрет человека – золотой стандарт диагностики / С. А. Рустембекова // Натуральная фармакология и косметология. – 2006. – № 3.
7. Обоснование уровня обогащения пищевых продуктов витаминами и минеральными веществами / В. М. Коденцова, О. А. Вржесинская, В. П. Спиричев [и др.] // Вопросы питания. – 2010. – Т. 79, № 1. – С. 23–33.
8. Phạm, N. Đ. Năm men công nghiệp / N. Đ. Phạm. – Hà Nội : NXB Khoa học và kỹ thuật, 2009. – P. 46–52.
9. Thành, V. N. Bảo tồn và lưu giữ nguồn gen vi sinh vật công nghiệp thực phẩm / V. N. Thành. – Hà Nội : Viện Công nghiệp thực phẩm, 2012. – P. 57–64.
10. Новый штамм дрожжей для пивоварения: Свойства и преимущества / С. Г. Давыденко, Б. Ф. Яровой, В. П. Степанова [и др.] // Генетика. – 2010. – Т. 46, № 11. – С. 1473–1484.

11. Enrichment of *Saccharomyces cerevisiae* with zinc and their impact on cell growth / A. R. Shet, L. R. Patil, V. S. Hombalimath [et al.] // *Journal of Biotechnology, Bioinformatics and Bioengineering*. – 2011. – Vol. 1, № 4. – P. 523–527.
12. Roehr, M. *The Biotechnology of Ethanol: Classical and Future Applications* / M. Roehr // Weicheim : Wiley-VCH, 2001. – P. 244.
13. Limtong, S. Production of fuel ethanol at high temperature from sugar cane juice by a newly isolated *Kluyveromyces marxianus* / S. Limtong, C. Sringiew, W. Yongmanitchai // *Bioresources Technology*. – 2007. – Vol. 98, № 17. – P. 3367–3374. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2006.10.044>.
14. High-temperature fermentation: How can processes for ethanol production at high temperatures become superior to the traditional process using mesophilic yeast / B. M. A. Abdel-Banat, H. Hoshida, A. Ano [et al.] // *Applied Microbiology and Biotechnology*. – 2010. – Vol. 85, № 4. – P. 861–867. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00253-009-2248-5>.
15. Nghiên cứu khả năng hấp thu một số kim loại nặng (Cu²⁺, Pb²⁺, Zn²⁺) trong nước của nấm men *Saccharomyces cerevisiae* / N. T. Hà, T. T. Hồng, N. T. T. Nhân [et al.] // *Khoa học Tự nhiên và Công nghệ*. – 2007. – Vol. 23, № 2. – P. 99–106.

References

1. De Nicola R. and Walker G. Interaction between Yeasts and Zinc. In: *Satyanarayana T. and Kunze G. (eds) Yeast Biotechnology: Diversity and Applications*. Dordrecht: Springer Publ., 2008, pp. 237–257. DOI: https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8292-4_12.
2. Kohrle J., Brigelius-Flohe R., Block A., et al. Selenium in biology: Facts and medical perspectives. *Biological Chemistry*, 2000, vol. 381, no. 9–10, pp. 849–864. DOI: <https://doi.org/10.1515/BC.2000.107>.
3. Budko E.V., Konoplya A.I., Khabarov A.A., Gorbacheva L.A., and El'tsova N.O. Obogashchenie drozhzhey solyami tsinka [Fortification of yeast with zinc salts]. *Scientific bulletins of Belgorod State University. Series: Medicine. Pharmacia*, 2012, vol. 129, no. 10–3, pp. 90–93. (In Russ.).
4. Azad S.K., Shariatmadari F., and Torshizi M.A.K. Production of zinc-enriched biomass of *Saccharomyces cerevisiae*. *Journal of Elementology*, 2014, vol. 10, no. 2, pp. 313–326. DOI: <https://doi.org/10.5601/jelem.2014.19.2.655>.
5. Magonet E., Hayen P., Delforge D., Delaive E., and Remacle J. Importance of the structural zinc atom for the stability of yeast alcohol dehydrogenase. *Biochemical Journal*, 1992, vol. 287, no. 2, pp. 361–365. DOI: <https://doi.org/10.1042/bj2870361>.
6. Rustembekova S.A. Ehlementnyy portret cheloveka – zolotoy standart diagnostiki [Elemental portrait of a human as the gold standard for diagnosis]. *Natural'naya farmakologiya i kosmetologiya* [Natural pharmacology and cosmetology], 2006, no. 3. (In Russ.).
7. Kodentsova V.M., Vrzhesinskaya O.A., Spirichev V.B., and Shatnyuk L.N. Substantiation of vitamins and minerals level in fortified foodstuffs. *Problems of Nutrition*, 2010, vol. 79, no. 1, pp. 22 – 33. (In Russ.).
8. Phạm N.Đ. *Nấm men công nghiệp*. Hà Nội: NXB Khoa học và kỹ thuật Publ., 2009. pp. 46–52.
9. Thành V.N. *Bảo tồn và lưu giữ nguồn gen vi sinh vật công nghiệp thực phẩm*. Hà Nội: Viện Công nghiệp thực phẩm Publ., 2012. pp. 57–64.
10. Davydenko S.G., Afonin D.V., Batashov B.E., et al. A new yeast strain for brewery: Properties and advantages. *Russian Journal of Genetics*, 2010, vol. 46, no. 11, pp. 1437–1484. (In Russ.).
11. Shet A.R., Patil L.R., Hombalimath V.S., Yaraguppi D.A., and Udupudi B.B. Enrichment of *Saccharomyces cerevisiae* with zinc and their impact on cell growth. *Journal of Biotechnology, Bioinformatics and Bioengineering*, 2011, vol. 1, no. 4, pp. 523–527.
12. Roehr M. *The Biotechnology of Ethanol: Classical and Future Applications*. Weicheim: Wiley-VCH Publ., 2001. 244 p.
13. Limtong S., Sringiew C., and Yongmanitchai W. Production of fuel ethanol at high temperature from sugar cane juice by a newly isolated *Kluyveromyces marxianus*. *Bioresources Technology*, 2007, vol. 98, no. 17, pp. 3367–3374. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2006.10.044>.
14. Abdel-Banat B.M.A., Hoshida H., Ano A., Nonklang S., and Akada R. High-temperature fermentation: How can processes for ethanol production at high temperatures become superior to the traditional process using mesophilic yeast. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 2010, vol. 85, no. 4, pp. 861–867. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00253-009-2248-5>.
15. Hà N.T., Hồng T.T., Nhân N.T.T., Vân Đ.T.C., and Yến L.T.T. Nghiên cứu khả năng hấp thu một số kim loại nặng (Cu²⁺, Pb²⁺, Zn²⁺) trong nước của nấm men *Saccharomyces cerevisiae*. *Khoa học Tự nhiên và Công nghệ*, 2007, vol. 23, no. 2, pp. 99–106.

Нгуен Тхи Минь Кхань

канд. биотех. наук, сотрудник Центра промышленной биохимии и экологии, НИИ пищевой промышленности, 10000, Вьетнам, Ханой, ул. Нгуен Чай, 301, тел: +84 24389895, e-mail: minhkhanh@firi.vn
 <https://orcid.org/0000-0002-6746-223X>

Nguyen Thi Minh Khanh

Cand.Sci.(Eng.), Assistant of the Center for Industrial Biochemistry and Environment, Food Industries Research Institute, 301, Nguyen Trai Str., Hanoi, 10000, Vietnam, phone: +84 24389895, e-mail: minhkhanh@firi.vn
 <https://orcid.org/0000-0002-6746-223X>

Нгуен Тхи Чанг

магистр, сотрудник Центра промышленной биохимии и экологии, НИИ пищевой промышленности, 10000, Вьетнам, Ханой, ул. Нгуен Чай, 301, тел: +84 24389895, e-mail: trangvan@firi.vn

Ле Дык Мань

д-р хим. наук, профессор, директор НИИ пищевой промышленности, 10000, Вьетнам, Ханой, ул. Нгуен Чай, 301, тел: +84 24389895, e-mail: manhld@firi.vn

Ле Хонг Куанг

инженер, сотрудник Центра промышленной биохимии и экологии, НИИ пищевой промышленности, 10000, Вьетнам, Ханой, ул. Нгуен Чай, 301, тел: +84 24389895, e-mail: lequang@firi.vn

Nguyen Thi Trang

Assistant of the Center for Industrial Biochemistry and Environment, Food Industries Research Institute, 301, Nguyen Trai Str., Hanoi, 10000, Vietnam, phone: +84 24389895, e-mail: trangvan@firi.vn

Le Duc Manh

Dr.Sci.(Chem.), Professor, Director of Food Industries Research Institute, 301, Nguyen Trai Str., Hanoi, 10000, Vietnam, phone: +84 24389895, e-mail: manhld@firi.vn

Le Hong Quang

Engineer, Assistant of the Center for Industrial Biochemistry and Environment, Food Industries Research Institute, 301, Nguyen Trai Str., Hanoi, 10000, Vietnam, phone: +84 24389895, e-mail: lequang@firi.vn

Оптимизация процессов получения экстрактов фитобиотических фармсубстанций ягодного сырья

М. Н. Школьников¹, И. А. Бакин^{2,*}, А. С. Мустафина², Л. А. Алексенко³

¹ ФГБОУ ВО Бийский технологический институт (филиал)
ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет
им. И. И. Ползунова,
659305, Россия, г. Бийск, ул. Трофимова, 27

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

³ ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный сельскохозяйственный институт»,
650056, Россия, г. Кемерово, ул. Марковцева, 5

Дата поступления в редакцию: 09.11.2018

Дата принятия в печать: 28.12.2018

*e-mail: bakin@kemsu.ru



© М. Н. Школьников, И. А. Бакин, А. С. Мустафина, Л. А. Алексенко, 2018

Аннотация. В статье описываются новые технологические приемы экстрагирования активных компонентов с антибактериальной активностью из ягодного сырья Сибирского региона, приводятся результаты исследования содержания биологически активных веществ и динамика изменения антибактериальной активности в экстрактах смородины черной (*Ribes nigrum* L.) и облепихи крушиновидной (*Hippophae rhamnoides* L.). Был проведен анализ комплекса биологически активных веществ в экстрактах ягодного сырья, обуславливающих бактерицидное действие. Выявлено определяющее действие и синергизм основных компонентов – флавоноидов, дубильных веществ и витамина С, входящих в комплекс фитобиотических экстрактов. Установлена ведущая роль фенольных соединений (флавоноидов, дубильных веществ, фенолокислот, гликозидов), обеспечивающих антибактериальную активность в отношении штаммов некоторых видов патогенной, условно патогенной и нежелательной микрофлоры. Выявлены закономерности извлечения полезных веществ в процессе экстрагирования в условиях ультразвуковой обработки ягодного сырья. Основываясь на изменении показателя оптической плотности экстрактов в ходе экстрагирования, установлены оптимальные параметры процесса: величина гидромодуля – 1:15, частота ультразвукового воздействия – 22 кГц. Опытным путем определена массовая доля экстрактивных веществ и активных компонентов, найдены значения коэффициентов извлечения для исследуемого ягодного сырья. Установлено, что более полно экстрагируются дубильные вещества и витамин С, по сравнению с флавоноидами. Изучено влияние ультразвуковой обработки на ускорение процессов извлечения. При обработке водно-спиртовых растворов ягодного сырья ультразвуковым воздействием интенсивностью 2 Вт/см² и частоте 22 кГц продолжительность экстрагирования уменьшилась от 300 до 15–20 мин при достижении сопоставимых значений равновесных концентраций экстрактивных веществ, чем в контрольных образцах экстрактов без обработки.

Ключевые слова. Экстрагирование, экстракты, *Ribes nigrum* L., *Hippophae rhamnoides* L., фитобиотики, антибактериальные свойства

Для цитирования: Оптимизация процессов получения экстрактов фитобиотических фармсубстанций ягодного сырья / М. Н. Школьников, И. А. Бакин, А. С. Мустафина, Л. А. Алексенко // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 4. – С. 121–130. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-4-121-130>.

Original article

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

Extracting Vitabiotic Pharmaceutical Substances from Berry Raw Materials: Optimization of Processes

M.N. Shkolnikova¹, I.A. Bakin^{2,*}, A.S. Mustafina², L.A. Aleksenko³

¹ Biysk technological institute is a subsidiary of
Polzunov Altai State Technical University,
27, Trofimova Str., Biysk, 659305, Russia,

² Kemerovo State University,
6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia

³ Kemerovo State Agricultural Institute,
5, Markoutseva Str., Kemerovo, 650056, Russia

Received: November 09, 2018

Accepted: December 28, 2018



Abstract. The research features new processing methods of extraction of active antibacterial components from Siberian berries. The paper describes the content of biologically active agents and antibacterial dynamics in blackcurrant (*Ribes nigrum* L.) and common sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) extracts. The study involved an analysis of the bactericidal biologically active agents in the extracts. The experiment revealed the main effect and synergism of the principal components, i.e. flavonoids, tannins, and vitamin C. It also established the leading role of the phenolic substances (flavonoids, tannins, phenolic acids, and glycosides) in the antibacterial influence on cultures of some kinds of pathogenic, potentially pathogenic, and unwanted microflora. The authors revealed some regularities of useful substances extraction in the conditions of ultrasonic processing. The optical density indicator of extracts during extraction helped to establish the optimum parameters of the process: mash ratio – 1:15; ultrasonic exposure frequency – 22 kHz. The experiment determined the mass fraction of extractive substances and active components, as well as the values of extraction coefficients of the berry raw material. Tannins and vitamin C were more extractable than flavonoids. The research also touched upon the impact of ultrasonic processing on the acceleration of extraction. When processing water-alcohol solutions of the raw material by ultrasonic irradiation with an intensity of 2 W/cm² and a frequency of 22 kHz, the extraction duration fell from 300 to 15–20 minutes before the comparable values of balance concentrations of extractives were reached, in comparison with the control samples.

Keywords. Extraction, extracts, *Ribes nigrum* L., *Hippophae rhamnoides* L., phytobiotic, antibacterial properties

For citation: Shkolnikova M.N., Bakin I.A., Mustafina A.S., and Aleksenko L.A. Extracting Vitabiotic Pharmaceutical Substances from Berry Raw Materials: Optimization of Processes. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2018, vol. 48, no. 4, pp. 121–130. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-4-121-130>.

Введение

Современные тенденции развития перерабатывающего комплекса, а также общемировая нормативно-правовая практика ориентирует производителей на переход к производству продуктов, не содержащих вредных веществ, в том числе антибиотиков, пестицидов и консервантов, или на так называемую органическую продукцию. В России наблюдается увеличение потенциального спроса на органические продукты и сырье, в том числе растительного происхождения, составляющего по экспертным оценкам до 10–15 % от мирового объема [1].

Применение современных биотехнологических методов и разработок позволяет не только повысить показатели качества и безопасности продукции и сырья, но и улучшить физиологический и иммунный статус населения, а также в равной степени сельскохозяйственных животных и птицы. Актуальной задачей органического хозяйства является поиск и внедрение новых биологических препаратов, среди которых наиболее перспективными являются фитобиотики – добавки растительного происхождения [1]. Основу фитобиотических препаратов составляют комплексы и субстанции, например, экстракты сухие и густые, ряд лекарственных растений, воздействие которых на пищеварение и общее состояние организма проявляется благодаря биологически активным веществам, таким как фитонциды, обуславливающие бактерицидное действие и повышающие сопротивляемость к инфекциям, а также гликозиды, эфирные масла и входящие в их состав терпеноиды, органические кислоты, дубильные и красящие вещества, витамины [2, 3].

Накопленный практический опыт использования лекарственно-технического сырья и продуктов его

переработки основан на исследовании фитонцидной активности компонентов и, прежде всего, на антимикробных и противовирусных веществах ряда растений, а также на совместном воздействии активных компонентов. Проектирование рецептур в пищевой промышленности и кормовых добавок в животноводстве ведется для повышения антиоксидантных и противовоспалительных эффектов, во многом обусловленных влиянием флавоноидных соединений растительного происхождения [2, 4, 5].

Современные исследования показывают перспективность разработок, направленных на расширение использования биологически активных соединений растительного происхождения в жизнедеятельности человека, в связи с достаточной изученностью действий отдельных активных компонентов сырья, доказанной их биологической активностью, а также доступностью для массового использования. Опыт фармацевтического производства показывает [6, 7], что болезнетворные микробы труднее адаптируются к действию фитонцидов высших растений, чем к антибиотикам из низших (микроскопические грибы). Это свидетельствует об актуальности использования лекарственно-технического сырья с высокой фитонцидной активностью как для повышения резистентности организма, так и для профилактики и лечения ряда заболеваний.

В исследованиях антиоксидантного эффекта флавоноидов выявлен механизм нейтрализации биологической активности свободных радикалов, определяющийся числом гидроксильных групп и их расположением в молекуле флавоноида. Значительное количество сравнительных исследований в различных странах предоставили неоспоримые доказательства благоприятного воздействия фенольных соединений растений.

Учитывая относительно низкую стоимость получения фитобиотических извлечений из растительного сырья, применение фарм субстанций является перспективным методом повышения эффективности жизнедеятельности [6].

Значительный объем фарм субстанций на основе натуральных экстрактов производится в странах Евросоюза («Sangrovit WS», Германия, «AdiCox AP», Польша и др.). В тоже время в современных экономических условиях, в связи со сложной внешнеэкономической обстановкой, российским производителям невыгодно использовать импортные ингредиенты и готовые фарм субстанции. По этой причине появляется потребность в органической продукции отечественного (местного) производства. Кроме того, технологии и технологические приемы, обеспечивающие комплекс полезных качеств фитодобавок, являются в большинстве случаев коммерческими, запатентованными и передаются российским производителям по лицензионным договорам при условии продажи оборудования и материалов, ставя их в технологическую зависимость от глобальных корпораций.

Ягодное сырье используется в технологии производства пищевых продуктов с антиоксидантными и антимикробными эффектами [8, 9]. Интерес к смородине черной (*Ribes nigrum* L.) и облепихе крушиновидной (*Hippophae rhamnoides* L.) не случаен. Он связан с широким спектром исследований их биологической активности целевых компонентов, что позволяет применять их в производстве фарм субстанций, чаще всего в виде жидких или густых экстрактов. Получение ценного комплекса биологически активных веществ основано на процессах экстрагирования ягодного сырья с использованием как традиционных, так и новых высокоэффективных методов [10].

Перспективным методом интенсификации процессов экстрагирования растительного сырья, обеспечивающего повышение извлечения целевых компонентов, является обработка сырья ультразвуковым (УЗ) воздействием [11]. Для большинства групп растительного сырья в результате эмпирических исследований изучены определяющие параметры процесса извлечения, такие как вид растворителя, значение гидромодуля, температурные режимы, размеры сырья, продолжительность и другие факторы. В тоже время на фармацевтических предприятиях и в агропромышленном комплексе экстрагирование активных компонентов сырья производится по традиционным и весьма продолжительным методам, например, мацерацией. Актуальной задачей переработки сырья является достижение наиболее полного извлечения целевых компонентов без ухудшения качества растворов. Использование УЗ обработки сырья при экстрагировании не только сокращает продолжительность процесса, но и позволяет уменьшить в растворе количество балластных веществ, таких как клетчатка и

пектиновые вещества. Однако при УЗ воздействии для различных систем существует пороговая интенсивность УЗ колебаний, при превышении которой проявляются эффекты деструкции растительных и биологических компонентов, что приводит к потере активных веществ. Продолжительность обработки ягодного сырья может быть определена только опытным путем. Это делает актуальным поиск рациональных технологических приемов и режимов обработки экстрагируемого сырья, нахождение их оптимальных параметров для обеспечения сохранности фитокомпонентов ягодного сырья Сибирского региона.

Актуальной задачей для агропромышленного комплекса является разработка технологии и изучение свойств фитобиотических фарм субстанций с антибактериальной активностью, основу которых составляют экстракты местного лекарственно-технического сырья, обладающего антибактериальной и антивирусной активностью по отношению к микроорганизмам различной таксономической принадлежности.

Целью исследования является обоснование новых технологических приемов получения фитобиотических фарм субстанций с высокой антибактериальной активностью к некоторым видам патогенной, условно-патогенной и нежелательной микрофлоры на основе экстрактов местного ягодного сырья и нахождение оптимальных параметров процессов экстрагирования в условия УЗ обработки. Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- проанализировать химический состав ягодного сырья Сибирского региона для определения перечня веществ с наиболее выраженной антибактериальной активностью;
- исследовать изменение содержания биоактивных компонентов, обуславливающих антибактериальную активность ягодного сырья, в процессах получения экстрактов;
- обосновать новые технологические приемы получения фитобиотических фарм субстанций, обеспечивающие сохранность природных биоактивных компонентов в процессах экстрагирования, при найденных оптимальных параметрах процессов.

Объекты и методы исследования

Подбор ягодного сырья с антибактериальной активностью базируется на его химическом составе. В связи с этим в ходе анализа действующих веществ, показаний к использованию растений для лечения и профилактики инфекционных состояний различной природы и локализации, а также доступности, возобновляемости и стоимости растительного сырья Сибирского региона, в частности обширной группы ягодного, в качестве объектов исследования отобрано растительное сырье, обладающее выраженными антибактериальными свойствами: смородина

черная (*Ribes nigrum* L.) и облепиха крушиновидная (*Hippophae rhamnoides* L.).

Ягоды смородины черной (*Ribes nigrum* L.) содержат от 2,5 до 4,5 % органических кислот (лимонная, яблочная, винная, янтарная), аскорбиновую кислоту (от 80 до 400 мг %), сахара (от 8 до 17 %), пектины (0,5–0,9 %), клетчатку (2,4–3,5 %), каротиноиды. В состав фенольных соединений ягод входят катехины (78–550 мг %), флавонолы (рутин, кемпферол, кверцетин, кверцитрин, гиперозид и др.; суммарно в пересчёте на рутин 60–230 мг %), антоцианы (цианидин, дельфинидин и др.; 120–300 мг %) и лейкоантоцианы (лейкоцианидин, лейкодельфинидин и др.; 300–2400 мг %), фенол-кислоты (салициловая, хлорогеновая, протокатеховая, производные кумаровой кислоты), халконы. Наибольшее содержание аскорбиновой кислоты и фенольных соединений накапливается в незрелых ягодах. Установлено, что из кожицы ягод можно извлечь примерно 0,01 % эфирного масла [10–15].

Обширными природными возобновляемыми ресурсами являются ягоды облепихи крушиновидной (*Hippophae rhamnoides* L.), имеющие уникальный химический состав. Основным биологически активным компонентом является масло, содержащееся в мякоти ее плодов, семенах, листьях и даже коре. Масло – естественный концентрат каротинов, токоферолов, филохинонов, фитостеролов, полиненасыщенных жирных кислот (ω -3, ω -6 и ω -7), фосфолипидов, витаминов и других биологически активных веществ. Масло – готовый лечебный препарат, обладающий разносторонними терапевтическими свойствами, в том числе доказанной антибактериальной активностью, и лишенный нежелательных побочных действий. Содержание масла в мякоти плодов облепихи, культивируемой на Алтае, колеблется от 4,4 до 7,2 мг/100 г свежих плодов в зависимости от сорта и года сбора урожая [16–18].

При проведении исследования использованы стандартные методы по ГОСТ 24027.2-80 «Сырьё лекарственное растительное. Методы определения влажности, содержания золы, экстрактивных и дубильных веществ, эфирного масла». Микробиологические показатели определялись по ГОСТ ISO 7218-2015 «Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Общие требования и рекомендации по микробиологическим исследованиям».

Идентификация и количественное определение флавоноидов и дубильных веществ в экстрактах проводились методом высокоэффективной жидкостной хроматографии по Р 4.1.1672-03

«Руководство по методам контроля качества и безопасности биологически активных добавок к пище».

Результаты исследований по измерениям в пятикратной повторности обрабатывались методами математической статистики с использованием прикладных компьютерных программ и являются достоверными.

Результаты и их обсуждение

С целью анализа действующих веществ, обуславливающих антибактериальные свойства, изучен и проанализирован химический состав исследуемого растительного сырья в соответствии требованиям нормативных документов по доброкачественности, безопасности и выявлению количественного содержания, которые обуславливают антибактериальную активность биологически активных веществ. Для определения стабильности химического состава изучаемого ягодного сырья и его пригодности для производства фитобиотических препаратов проводилось исследование сырья в системе мониторинга в период с 2013 по 2017 гг. В комплексе экстрактивных веществ опытным путем определялось содержание фенольных веществ (флавоноидов и дубильных), витамина С (табл. 1).

Данные таблицы 1 показывают, что анализируемое сырьё содержит значительное количество БАВ-фитонцидов, таких как флавоноиды, дубильные вещества, аскорбиновая кислота. Представленные данные определяют возможность использования исследуемого растительного сырья в качестве возможных компонентов добавок с антибактериальным эффектом. Кроме того, следует принимать во внимание, что синергизм содержащейся в исследуемых растениях аскорбиновой кислоты и флавоноидов определяется способностью последних снижать окислительно-восстановительный (Red-Ox) потенциал аскорбиновой кислоты, а также блокировать ионы токсичных металлов, катализирующих окисление аскорбиновой кислоты с образованием прочных хелатных комплексов. Ещё более мощный синергетический эффект достигается при комбинировании сырья, содержащего каротиноиды (в частности для облепихи крушиновидной), аскорбиновую кислоту и биофлавоноиды. Это обеспечивает присутствие как водорастворимых, так и жирорастворимых антиоксидантов, а значит, биологический эффект (антимикробная активность) будет равносильно проявляться во внеклеточном пространстве (аскорбиновая

Таблица 1 – Содержание биологически активных компонентов в сухом веществе ягодного сырья (n = 5, M ± m)

Table 1 – The content of biologically active components in the dry matter of berry raw materials (n = 5, M ± m)

Вид сырья	Массовая доля, %			
	экстрактивных веществ	флавоноидов	дубильных веществ	аскорбиновой кислоты
<i>Ribes nigrum</i> L.	41,6 ± 3,5	9,25 ± 0,03	5,40 ± 0,13	4,28 ± 0,25
<i>Hippophae rhamnoides</i> L.	39,4 ± 3,3	5,14 ± 0,03	6,20 ± 0,40	3,20 ± 0,25

Таблица 2 – Антибактериальная активность ягодного сырья (n = 5, M ± m)
Table 2 – The antibacterial activity of berry raw material (n = 5, M ± m)

Штаммы микроорганизмов	Вид сырья	
	<i>Ribes nigrum</i> L.	<i>Hippophae rhamnoides</i> L.
<i>Esche-richia coli</i>	+	+
<i>Staphy-lococcus aureus</i>	+	+
<i>Salmonella typhi</i>	+	–
<i>Shigella flexneri</i>	+	–
<i>Bacillus</i>	–	+
<i>Helico-bacter pylori</i>	–	+

кислота и биофлавоноиды) и в мембране клетки (жирорастворимые витамины) [9, 16, 19].

Исследование антибиотических свойств ягод позволяет говорить о ведущей роли фенольных соединений (флавоноидов, дубильных веществ, фенолокислот, гликозидов и др.) в обеспечении антибактериальной активности к некоторым видам патогенной, условно патогенной и нежелательной микрофлоры (табл. 2).

Как следует из приведенных данных (табл. 2), извлечения из ягод черной смородины показали антибактериальную активность в результате торможения зоны роста в чашках с посевным материалом в отношении микроорганизмов: *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella typhi* и *Shigella flexneri*; у облепихи крушиновидной обнаружена антимицробная активность в отношении *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus* и *Helicobacter pylori*.

Технология получения фитобиотических фармсубстанций из растительного сырья предполагает получение растворов БАВ ягодного сырья. Для увеличения выхода БАВ при производстве экстрактов из сырья используются различные приемы интенсификации. Одним из действенных является ультразвуковое кавитационное воздействие, ускоряющее массообменные процессы и увеличивающее выход БАВ [11]. В ранее проведенных исследованиях установлено, что для процессов экстрагирования ягодного сырья использование водно-этанольных экстрагентов позволяет более полно извлекать такие БАВ, как флавоноидные соединения [11]. Параметры УЗ воздействия с частотой в 22 кГц выбраны из условия уменьшения гидродинамического сопротивления на границе фазового перехода в системе твердое тело – жидкость при интенсивности 2 Вт/см², ограничивающей влияние эффектов кавитационных процессов, при которых начинается проявление нежелательных явлений, например, переход в раствор балластных веществ [20].

Для получения качественной картины влияния УЗ обработки на кинетику экстрагирования проведены исследования по выявлению зависимости изменения оптической плотности растворов от продолжительности процесса. Использование фотоколориметрического метода анализа позволило

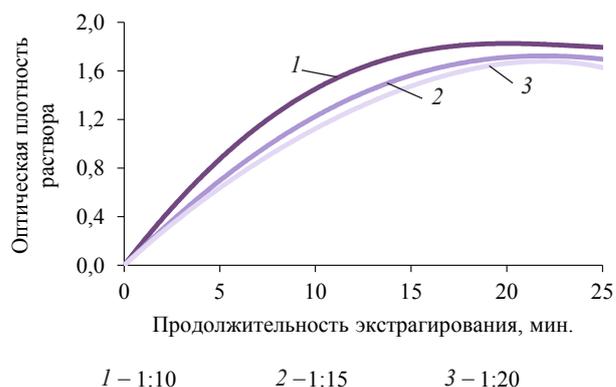


Рисунок 1 – Изменение оптической плотности экстрактов смородины черной (*Ribes nigrum* L.) при УЗ обработке
Figure 1 – Changes in the optical density of black currant extracts (*Ribes nigrum* L.) during ultrasonic treatment

оперативно оценивать общее содержание БАВ и получить информативное описание суммарного перехода активных компонентов по степени изменения оптической плотности экстракта. По ранее отработанным параметрам в работе [20] ягодное сырье измельчалось (средний размер частиц 6 мм), мезга заливалась экстрагентом (водный раствор этанола 40 % об.). Далее, система подвергалась УЗ обработке при постоянной температуре 35 °С. Отбор проб раствора для контроля оптической плотности производился дискретно (интервал 5 минут) до наступления равновесного состояния, соответствующего максимальным фиксированным значениям показателя оптической плотности экстракта. Изучен процесс извлечения БАВ экстрактов ягодного сырья при варьировании значения гидромодуля (1:10, 1:15, 1:20). Экстракционные кривые представлены на рисунках 1 и 2.

Из анализа кривых (рис. 1, 2) следует, что величина гидромодуля в большей степени влияет на общий выход растворимых веществ в раствор. Для мезги ягод смородины черной (*Ribes nigrum* L.)

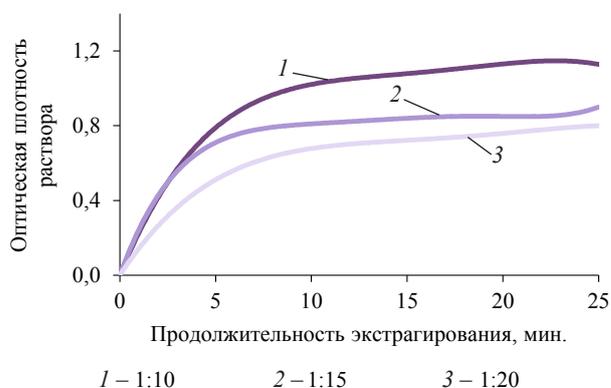


Рисунок 2 – Изменение оптической плотности экстрактов облепихи крушиновидной (*Hippophae rhamnoides* L.) при УЗ обработке

Figure 2 – Changes in the optical density of sea buckthorn extracts (*Hippophae rhamnoides* L.) during ultrasonic treatment

оптическая плотность раствора в среднем больше на 11 % (при значении гидромодуля 1:10), чем при параметре, равном 1:15. Графики на рисунке 1 показывают, что равновесие в экстрагируемой системе наступает при продолжительности процесса 15 мин (гидромодуль 1:10) и 20 мин (гидромодуль 1:15 и 1:20). Для экстрактов облепихи крушиновидной (*Hippophae rhamnoides* L.) данная тенденция сохраняется. При величине гидромодуля 1:10 оптическая плотность, в среднем, выше на 10–12 % при достижении максимального равновесия в системе.

Для подтверждения предположения об интенсификации процесса извлечения при УЗ воздействии проведены исследования по экстрагированию ягодного сырья по традиционному способу (мацерацией) при аналогичных параметрах процесса без обработки. Полученные обобщенные результаты показаны на рисунках 3, 4.

Результаты анализа кривых оптической плотности контрольных образцов экстрактов смородины черной (*Ribes nigrum* L.) без обработки (рис. 3) показывают, что сопоставимые значения равновесных концентраций экстрактивных веществ в растворе (изменение интенсивности окраски) достигаются при продолжительности экстрагирования более 5 часов (300 мин). Для экстрактов облепихи крушиновидной (*Hippophae rhamnoides* L.) кривые на рисунке 4 достигают экстремума при продолжительности от 1 до 2 часов. Сравнивая кривые на рисунках 1, 2, полученные при УЗ обработке, и кривые на рисунках 3, 4, полученные при экстрагировании методом мацерации, можно проследить значительное увеличение показателя оптической плотности. Полученные данные подтверждают возможность повышения скорости извлечения активных компонентов растительного сырья при УЗ обработке и хорошо согласуются с данными, полученными в работе [20].

Количественный анализ и оценка степени извлечения БАВ из сырья проводились с использованием экстракционно-спектрофотометрических

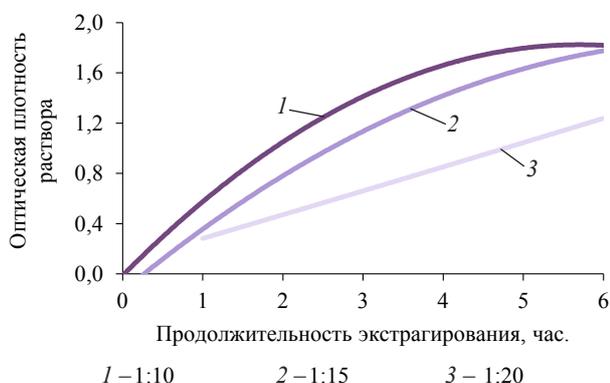


Рисунок 3 – Изменение оптической плотности экстрактов смородины черной (*Ribes nigrum* L.) без УЗ обработки
Figure 3 – Changes in the optical density of black currant extracts (*Ribes nigrum* L.) without ultrasonic treatment

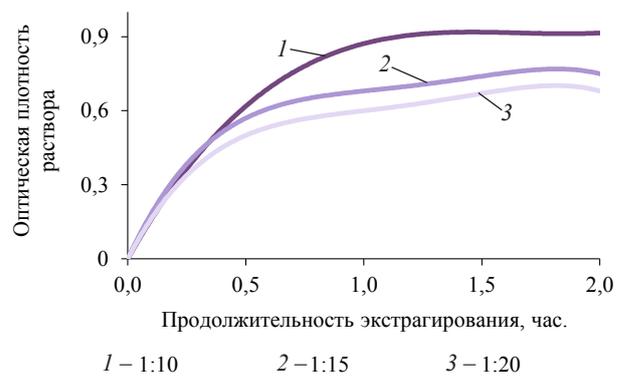


Рисунок 4 – Изменение оптической плотности экстрактов облепихи крушиновидной (*Hippophae rhamnoides* L.) без УЗ обработки

Figure 4 – Changes in the optical density of sea buckthorn extracts (*Hippophae rhamnoides* L.) without ultrasonic treatment

методов. В результате определено содержание БАВ-фитонцидов (таблица 3), экспериментальные данные которой дополнены рассчитанными по методике [12] коэффициентами извлечения α .

Из представленных в таблице 3 данных видно, что значение коэффициента извлечения экстрактивных веществ в контрольных образцах одинаковое для ягод смородины и облепихи. Это

Таблица 3 – Содержание биологически активных веществ в экстрактах ягодного сырья

Table 3 – The content of biologically active substances in the berry extracts

Вид сырья	<i>Ribes nigrum</i> L.	<i>Hippophae rhamnoides</i> L.
Контрольные образцы		
Экстрактивные вещества		
Массовая доля, %	10,4 ± 1,1	9,9 ± 0,9
Коэффициент извлечения α	0,25	0,25
Флавоноиды		
Массовая доля, %	0,93 ± 0,03	0,51 ± 0,03
Коэффициент извлечения α	0,10	0,10
Дубильные вещества		
Массовая доля, %	0,70 ± 0,04	0,81 ± 0,08
Коэффициент извлечения α	0,13	0,13
Аскорбиновая кислота		
Массовая доля, %	0,514 ± 0,002	0,320 ± 0,001
Коэффициент извлечения α	0,12	0,10
Опытные образцы с УЗ обработкой		
Экстрактивные вещества		
Массовая доля, %	12,3 ± 1,2	11,5 ± 1,0
Коэффициент извлечения α	0,30	0,29
Флавоноиды		
Массовая доля, %	1,02 ± 0,04	0,56 ± 0,04
Коэффициент извлечения α	0,11	0,11
Дубильные вещества		
Массовая доля, %	0,81 ± 0,04	0,92 ± 0,08
Коэффициент извлечения α	0,16	0,15
Аскорбиновая кислота		
Массовая доля, %	0,586 ± 0,002	0,375 ± 0,001
Коэффициент извлечения α	0,14	0,12

свидетельствует о их родственном химическом составе и близкой кислотности ягод, которая является одним из факторов, способствующих растворимости ряда БАВ (дубильных веществ, аскорбиновой кислоты, флавоноидов). При этом, по сравнению с флавоноидами, более полно экстрагируются из ягодного сырья дубильные вещества и аскорбиновая кислота. Степень перехода флавоноидов можно увеличить, если использовать раствор с большей концентрацией этанола, что объясняется более высокой растворимостью дубильных веществ и аскорбиновой кислоты в воде (особенно горячей) и в водных растворах этанола (при низкой концентрации спирта). Флавоноиды, те из них, которые обладают Р-витаминной активностью (рутин, кверцетин, эпикатехин, гесперидин и др.), относятся к водорастворимым соединениям. Флавоноид-агликоны, в большей степени, являются гидрофобными, чем гидрофильными соединениями. Растворимость кверцетина, у которого в молекуле пять гидроксильных групп, в воде весьма ограничена. Лютеолин и кемпферол, молекулы которых имеют только на одну гидроксильную группу меньше, чем молекула кверцетина, в воде уже практически нерастворимы. Несколько лучше растворяются в воде флавоноид-гликозиды. Анализ полученных данных показывает, что для извлечения водорастворимых соединений дубильных веществ и аскорбиновой кислоты следует считать оптимальной концентрацией экстрагента – раствор этанола 40 % об., что связано с лучшей растворимостью БАВ в воде, особенно в кислой среде по сравнению с экстрагированием флавоноидов.

Анализируя процесс получения экстрактов с использованием УЗ воздействия, согласно данным таблицы 3, можно отметить тенденцию увеличения значений коэффициентов извлечения как экстрактивных веществ в целом, так и БАВ в частности. Данное явление можно объяснить механическим воздействием ультразвука на растительную ткань вследствие чего процесс перехода водорастворимых компонентов из мезги в экстракт значительно интенсифицируется. В результате кавитации за счет образования и схлопывания пузырьков воздуха происходит механическое разрушение клеточных структур и коэффициент диффузии увеличивается. Это ускоряет процесс перехода экстрактивных веществ в растворитель за счет их вымывания. Возникающие конвективные течения и гидродинамические потоки, способствуют интенсивному перемешиванию биомассы и растворенных в цитозоле клетки биологически активных веществ в результате чего ускоряется процесс извлечения.

Выводы

В ходе исследований изучены и обоснованы новые технологические приемы получения фитобиотических фармсубстанций на основе экстрактов ягодного сырья Сибирского региона. Получены новые данные по изменению показателей качества фармсубстанций ягод смородины черной (*Ribes nigrum* L.) и облепихи крушиновидной (*Hippophae rhamnoides* L.). Для изученного сырья с использованием методов высокоэффективной жидкостной хроматографии исследовано содержание биологически активных веществ и динамика изменения антибактериальной активности. Установлен синергизм основных компонентов сырья – флавоноидов, дубильных веществ и аскорбиновой кислоты, входящих в комплекс фитобиотических экстрактов, и их влияние на антибактериальную активность в отношении штаммов некоторых видов патогенной, условно патогенной и нежелательной микрофлоры.

Исследованы технологические приемы интенсификации процессов получения жидких водно-спиртовых экстрактов ягодного сырья в условиях ультразвуковой обработки при частоте УЗ воздействия 22 кГц и интенсивности 2 Вт/см² при варьировании значениями гидромодуля растворов. Основываясь на данных по изменению оптической плотности экстрактов в ходе процесса извлечения, получена качественная картина суммарного перехода биоактивных компонентов сырья в раствор и построены кинетические кривые извлечения.

Проведен сравнительный анализ процессов экстрагирования по традиционной технологии методом мацерации и в условия УЗ обработки. Установлено, что продолжительность экстрагирования при величине гидромодуля 1:15, уменьшилась с 300 мин до 15–20 мин при достижении сопоставимых значений равновесных концентраций экстрактивных веществ в сравнении с контрольными образцами растворов без обработки.

Опытным путем выявлено изменение качественного и количественного состава экстрактивных веществ, активных компонентов. Найдены значения коэффициентов извлечения для исследуемого ягодного сырья. Установлено, что, по сравнению с флавоноидами, более полно экстрагируются из ягодного сырья дубильные вещества и аскорбиновая кислота. Рекомендовано для извлечения водорастворимых соединений дубильных веществ и аскорбиновой кислоты считать оптимальной концентрацией экстрагента – раствор этанола 40 % об., обеспечивающую лучшую растворимость БАВ в воде.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Мистратова, Н. А. Анализ зарубежного опыта производства и реализации органической продукции сельского хозяйства / Н. А. Мистратова, А. В. Коломейцев, М. А. Янова // Вестник КрасГАУ. – 2018. – Т. 137, № 2. – С. 162–165.

2. Фитобиотики в кормлении сельскохозяйственных животных / О. А. Багно, О. Н. Прохоров, С. А. Шевченко [и др.] // Сельскохозяйственная биология. – 2018. – Т. 53, № 4. – С. 687–697. DOI: <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2018.4.687rus>.
3. Оценка воздействия на кишечную микрофлору птицы веществ, обладающих антибиотическим, пробиотическим и анти-Quorum Sensing эффектами / Г. К. Дускаев, Е. А. Дроздова, Е. С. Алешина [и др.] // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2017. – Т. 211, № 11. – С. 84–87. DOI: <https://doi.org/10.25198/1814-6457-211-84>.
4. Замбулаева, Н. Д. Исследование антиоксидантных и антимикробных свойств биопротекторов из отходов соковых производств как ингредиентов для обогащения продуктов питания / Н. Д. Замбулаева, С. Д. Жамсаранова // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. – 2018. – Т. 8, № 1. – С. 51–58. DOI: <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2018-8-1-51-58>.
5. Богданова, О. А. Антимикробные свойства растительных экстрактов для безалкогольных напитков / О. А. Богданова, Т. Н. Иванова, Е. В. Сибирская // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2014. – Т. 24, № 1. – С. 103–107.
6. Флавоноиды: биохимия, биофизика, медицина / Ю. С. Тараховский, Ю. А. Ким, Б. С. Абдралилов [и др.]. – Пушино : Synchronbook, 2013. – 310 с.
7. Wildman, R. E. C. Handbook of nutraceuticals and functional foods / R. E. C. Wildman. – GRS Press, 2007. – 542 с.
8. Еркенова, М. Н. Исследование антимикробных и антиоксидантных свойств растительных экстрактов [Электронный ресурс] / М. Н. Еркенова, М. К. Мурзахметова, А. Н. Аралбаева // Студенческий. – 2017. – № 1. – С. 5–12. – Режим доступа: <https://sibac.info/journal/student/1/70626>. – Дата обращения: 08.12.2018.
9. Базарнова, Ю. Г. Исследование содержания некоторых биологически активных веществ, обладающих антиоксидантной активностью, в дикорастущих плодах и травах / Ю. Г. Базарнова // Вопросы питания. – 2007. – Т. 76, № 1. – С. 22–26.
10. Bakin, I. A. Choice of fruit and berry raw materials for extracts based on field marketing research / I. A. Bakin, A. S. Mustafina, L. A. Aleksenko // European Science and Technology: materials of the VII international research and practice conference. – Munich, 2014. – Vol. 1. – P. 180–186.
11. Research of process of extraction of biologically active substances (BAS) from plant raw materials in the conditions of ultrasonic extraction / E. V. Averyanova, V. N. Khmelev, S. N. Tsyganok [et al.] // 18th International Conference of Young Specialists on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices EDM 2017 / Novosibirsk State Technical University. – Novosibirsk, 2017. – P. 255–259. DOI: <https://doi.org/10.1109/EDM.2017.7981751>.
12. Аверьянова, Е. В. Теоретические и практические аспекты использования растительного сырья Алтайского края в производстве функциональных продуктов питания / Е. В. Аверьянова, М. Н. Школьников. – Бийск : Алтайский государственный технический университет, 2015. – 195 с.
13. Калякина, С. А. Биологические и биохимические особенности новых черноплодных и зеленоплодных сортообразцов смородины чёрной как перспективных источников лекарственного сырья: автореф. ... канд. с.-х. наук: 06.01.05 / Калякина Саида Абидиновна. – Мичуринск, 2008. – 23 с.
14. Мякишева, Н. В. Изучение биологически активных веществ ягод черной смородины в процессе хранения / Н. В. Мякишева, Е. Н. Артемова // Техника и технология пищевых производств. – 2013. – Т. 30, № 3. – С. 36–40.
15. Петрова, С. Н. Состав плодов и листьев смородины черной *Ribes nigrum* (обзор) / С. Н. Петрова, А. А. Кузнецова // Химия растительного сырья. – 2014. – № 4. – С. 43–50.
16. Analysis of Lipophilic and Hydrophilic Bioactive Compounds Content in Sea Buckthorn (*Hippophaë rhamnoides* L.) Berries / M. Teleszko, A. Wojdyło, M. Rudzińska [et al.] // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2015. – Vol. 16, № 63. – P. 4120–4129. DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.5b00564>.
17. Ershova, E. Biochemical characteristics of Altai seabuckthorn varieties / E. Ershova // Seabuckthorn (*Hippophae* L.): A multipurpose wonder plant Vol. IV: Emerging trends in research and technologies / V. Singh, B. Yang, S. Choudhary [et al.]. – New Delhi : Daya Publishing House, 2014. – P. 297–307.
18. Sea buckthorn: Monograph / Yu. A. Koshelev, L. D. Ageeva, E. S. Batashov [et al.]. – Biysk : Polzunov Altai State Technical, 2015. – 401 p.
19. Школьников, М. Н. Методологические аспекты формирования и оценки качества многокомпонентных напитков на основе растительного сырья: дис. ... д-ра техн. наук: 05.18.15 / Школьников Марина Николаевна. – Кемерово, 2012. – 438 с.
20. Бакин, И. А. Влияние комплексных технологических приемов обработки на экстрагирование ягодного сырья / И. А. Бакин, А. С. Мустафина, П. Н. Лунин // Известия вузов. Пищевая технология. – 2016. – Т. 353–354, № 5–6. – С. 24–27.

References

1. Mistratova N.A., Kolomeytsev A.V., and Yanova M.A. The analysis of foreign experience of making and realization of organic production of agriculture. *The Bulletin of KrasGAU*, 2018, vol. 137, no. 2, pp. 162–165. (In Russ.).
2. Bagn O.A., Prokhorov O.N., Shevchenko S.A., Shevchenko A.I., and Dyadichkina T.V. Use of phytobiotics in farm animal feeding. *Agricultural Biology*, 2018, vol. 53, no. 4, pp. 687–697. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2018.4.687rus>.
3. Duskaev G.K., Drozdova E.A., Alyoshina E.S., and Bezryadina A.S. Estimation of impact on the intestinal microflora of birds of substances with antibiotic, probiotic and anti-quorum sensing effects. *Vestnik of the Orenburg State University*, 2017, vol. 211, no. 11, pp. 84–87. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.25198/1814-6457-211-84>.

4. Zambulaeva N.D. and Zhamsaranova S.D. Investigation of the antioxidant and antimicrobial properties of juice processing by-products for use as ingredients for the enrichment of food products. *Proceedings of Universities. Applied Chemistry and Biotechnology*, 2018, vol. 8, no. 1, pp. 51–58. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2018-8-1-51-58>.
5. Bogdanova E.V., Ivanova T.N., and Sibirskaia E.V. Antimicrobial properties of plant extracts for soft drinks. *Technology and merchandising of the innovative foodstuff*, 2014, vol. 24, no. 1, pp. 103–107. (In Russ.).
6. Tarakhovskiy Yu.S., Kim Yu.A., Abdrasilov B.S., and Muzafarov E.N. *Flavonoidy: biokhimiya, biofizika, meditsina* [Flavonoids: biochemistry, biophysics, and medicine]. Pushchino: Synchrobook Publ., 2013. 310 p. (In Russ.).
7. Wildman R.E.C. *Handbook of nutraceuticals and functional foods*. GRS Press Publ., 2007. 542 c.
8. Erkenova M.N., Murzakhmetova M.K., and Aralbaeva A.N. Issledovanie antimikrobykh i antioksidantnykh svoystv rastitel'nykh ehks-traktov [Study of the antimicrobial and antioxidant properties of plant extracts]. *Studencheskiy* [Students' Journal], 2017, no. 1, pp. 5–12. (In Russ.). Available at: <https://sibac.info/journal/student/1/70626>. (accessed 8 December 2018).
9. Bazarnova Yu.G. Study of content of some food supplements with antioxidant activity in wild herbs and berries. *Problems of Nutrition*, 2007, vol. 76, no. 1, pp. 22–26. (In Russ.).
10. Bakin I.A., Mustafina A.S., and Aleksenko L.A. Choice of fruit and berry raw materials for extracts based on field marketing research. *European Science and Technology: materials of the VII international research and practice conference*. Munich, 2014, vol. 1, pp. 180–186.
11. Averyanova E.V., Khmelev V.N., Tsyganok S. N., and Shakura V.A. Research of process of extraction of biologically active substances (BAS) from plant raw materials in the conditions of ultrasonic extraction. *18th International Conference of Young Specialists on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices EDM 2017*. Novosibirsk, 2017, pp. 255–259. DOI: <https://doi.org/10.1109/EDM.2017.7981751>.
12. Aver'yanova E.V. and Shkol'nikova M.N. *Teoreticheskie i prakticheskie aspekty ispol'zovaniya rastitel'nogo syr'ya Altayskogo kraya v proizvodstve funktsional'nykh produktov pitaniya* [Theoretical and practical aspects of the use of plant materials of the Altai Territory in the production of functional foods]. Biysk: Altai State Technical University Publ., 2015. 195 p. (In Russ.).
13. Kalyakina S.A. *Biologicheskie i biokhimicheskie osobennosti novykh chernoplodnykh i zeleno-plodnykh sortoobraztsov smorodiny chyornoj kak perspektivnykh istochnikov lekarstvennogo syr'ya*. Diss. kand. sel'skokhoz nauk [Biological and biochemical features of new black-fruited and green-bearing varieties of black currant as promising sources of medicinal raw materials. Cand. agricultural sci. diss.]. Michurinsk, 2008, 24 p.
14. Myasishcheva N.V. and Artyomova E.N. Studying of biologically active substances berries of a black currant during storage. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2013, vol. 30, no. 3, pp. 36–40. (In Russ.).
15. Petrova S.N. and Kuznetsova A.A. Composition of fruits and leaves of black currant *Ribes Nigrum* (review). *Chemistry of plant raw material*, 2014, no. 4, pp. 43–50. (In Russ.).
16. Teleszko M., Wojdyło A., Rudzińska M., Oszmiański J., and Golis T. Analysis of Lipophilic and Hydrophilic Bioactive Compounds Content in Sea Buckthorn (*Hippophaë rhamnoides* L.) Berries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2015, vol. 16, no. 63, pp. 4120–4129. DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.5b00564>
17. Ershova E. Biochemical characteristics of Altai seabuckthorn varieties. In: Singh V., Yang B., Choudhary S., et al. *Seabuckthorn (Hippophae L.): A multipurpose wonder plant Vol. IV: Emerging trends in research and technologies*. New Delhi: Daya Publ., 2014, pp. 297–307.
18. Koshelev Yu.A., Ageeva L.D., Batashov E.S., et al. *Sea buckthorn*. Biysk: Polzunov Altai State Technical Publ., 2015. 401 p.
19. Shkol'nikova M.N. *Metodologicheskie aspekty formirovaniya i otsenki kachestva mnogokomponentnykh napitkov na osnove rastitel'nogo syr'ya*. Diss. dokt. tekhn. nauk [Methodological aspects of the formation and evaluation of the quality of multicomponent beverages from vegetable raw materials. Dr. eng. sci. diss.]. Kemerovo, 2012, 438 p.
20. Bakin I.A., Mustafina A.S., and Lunin P.N. Influence of complex technological methods of processing on extraction of berry raw materials. *News institutes of higher Education. Food technology*, 2016, vol. 353–354, no. 5–6, pp. 24–27. (In Russ.).

Школьникова Марина Николаевна

д-р техн. наук, доцент, профессор кафедры биотехнологии, ФГБОУ ВО Бийский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, 659305, Россия, г. Бийск, ул. Трофимова, 27, e-mail: shkolnikova.m.n@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-9146-6951>

Бакин Игорь Алексеевич

д-р техн. наук, доцент, профессор кафедры технологического проектирования пищевых производств, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: + 7 (923) 600-30-30, e-mail: bakin@kemsu.ru

<https://orcid.org/0000-0001-5678-1975>

Marina N. Shkol'nikova

Dr.Sci.(Eng.), Associate Professor, Professor of the Department Biotechnology, Biysk Technological Institute is a subsidiary of Polzunov Altai State Technical University, 27, Trofimova Str., Biysk, 659305, Russia, e-mail: shkolnikova.m.n@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-9146-6951>

Igor A. Bakin

Dr.Sci.(Eng.), Associate Professor, Professor of the Department Technological Design of Food Production, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: + 7 (923) 600-30-30, e-mail: bakin@kemsu.ru

<https://orcid.org/0000-0001-5678-1975>

Мустафина Анна Сабирдзяновна

канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры региональной и отраслевой экономики, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6.

 <https://orcid.org/0000-0003-4895-7226>

Anna S. Mustafina

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Department Regional and Sectoral Economy, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia.

 <https://orcid.org/0000-0003-4895-7226>

Алексенко Леонид Алексеевич

аспирант кафедры технологии хранения и обработки агропродуктов, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный сельскохозяйственный институт», 650056, Россия, г. Кемерово, ул. Марковцева, 5.

 <https://orcid.org/0000-0002-4206-1894>

Leonid A. Aleksenko

Graduate student of the Department of Agropduct's Storage and Processing Technology, Kemerovo State Agricultural Institute, 5, Markovtseva Str., Kemerovo, 650056, Russia.

 <https://orcid.org/0000-0002-4206-1894>

Электрическая плита ПЭ-УИЭВ

С. А. Романчиков 

ФГКВБОУ ВО «Военная академия
материально-технического обеспечения
имени генерала армии А. В. Хрулева»,
199034, Россия, г. Санкт-Петербург, наб. Макарова, 8

Дата поступления в редакцию: 21.10.2018
Дата принятия в печать: 28.12.2018

199034, Россия, г. Санкт-Петербург, наб. Макарова, 8

e-mail: romanchkovspb@mail.ru



© С. А. Романчиков, 2018

Аннотация. Повышение коэффициента полезного действия электрических плит остается нерешенной задачей в настоящее время. В целях реализации данной задачи в статье предлагается конструктивное решение по изменению конструкции электрической плиты конвекционного типа с включением устройства для ионизации воздуха «Электрической плиты ПЭ-УИЭВ». Это позволит сократить расходы энергоресурсов и ускорить технологический процесс по приготовлению пищи. Принцип работы ПЭ-УИЭВ основан на использовании метода электротермической конвекции теплообменных поверхностей жарочного настила. Предложенные конструктивные особенности плиты обеспечивают снижение образования канцерогенных веществ, улучшение вкусовых качеств при жарке и тушении. Новизна устройства заключается в том, что конструктивные изменения обеспечивают повышение коэффициента теплоотдачи от поверхности конфорки к наплитному котлу в 3 раза за счет создания условий для образования эффекта электротермической конвекции. Обработка воздуха электричеством придает ему «липкие» свойства. Воздух прилипает к заземленным поверхностям наплитных котлов. Ионизированный воздух интенсивно выполняет функцию переносчика тепла. Ионизация позволила достичь снижения образования канцерогенных веществ в 2–4 раза и обеззараживания готовых блюд. Практическая значимость технического решения заключается в том, что предложенная конструкция позволяет снизить нагрузку на систему вентиляции и кондиционирования и может быть использована для приготовления пищи в ограниченных (закрытых) пространствах, а также обеспечивает улучшение вкусовых показателей качества. Предложенное техническое решение, в сравнении с существующими плитами, отличается тем, что обеспечивает сокращение возможности осуществления циркуляции горячего воздуха и снижение его потерь.

Ключевые слова. Плита электрическая конвекционного типа, озонирование, конвективный поток воздуха

Для цитирования: Романчиков, С. А. Электрическая плита ПЭ-УИЭВ / С. А. Романчиков // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 4. – С. 131–138. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-4-131-138>.

Original article

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

Convection Type Electric Stove with Air Ionization

S.A. Romanchikov 

A.V. Khryovov Military Educational Institution of Logistics,
8, Makarov Emb., Saint Petersburg, 199034, Russia

Received: October 21, 2019
Accepted: December 28, 2018

e-mail: romanchkovspb@mail.ru



© S.A. Romanchikov, 2018

Abstract. Increasing the efficiency of electric stoves currently remains an unsolved problem. The present study proposes a new design scheme for the electric convection stove with an air ionization device (Electric Stove PE-UIEV). This will reduce energy costs and speed up the cooking process. The stove in question is based on the method of electrothermal convection of heat-exchange surfaces of the frying deck. The proposed design reduces the formation of carcinogenic substances and improves the taste of fried and stewed dishes. The improved device increases the heat transfer coefficient from the burner surface to the cooker by 3 times since it creates better conditions for electrothermal convection. Treating air with electricity gives it adhesive properties: the air sticks to grounded surfaces of boilers. Ionized air intensively performs the function of heat carrier. Ionization reduces carcinogenic substances by 2–4 times and disinfects of ready-made dishes. The practical significance of the technical solution lies in the fact that the proposed design reduces the load on the ventilation and air conditioning system. In addition, the stove can be used for cooking in restricted (closed) spaces, and it improves the taste quality indicators. Unlike other stoves, this one reduces hot air circulation and, thus, its losses.

Keywords. Convection type electric stove, ozonation, convective air flow

For citation: Romanchikov S.A. Convection Type Electric Stove with Air Ionization. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2018, vol. 48, no. 4, pp. 131–138. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-4-131-138>.

Введение

В целях реализации национального проекта «Наука» и государственной программы «Развитие науки и технологии» осуществляется поиск новых технических и технологических решений, обеспечивающих повышение интенсификации производства и снижения энергозатрат. Для повышения эффективности работы электрической плиты разработаны ее конструктивные изменения.

Объекты и методы исследования

Предлагаемая конструкция «Электрической плиты ПЭ-УИЭВ» (плита электрическая конвекционного типа с устройством для ионизации воздуха) относится к универсальным тепловым аппаратам. Она предназначена для варки, жарения, запекания, тушения, а также вспомогательных процессов при приготовлении пищи. Конструктивные особенности плиты обеспечивают снижение образования канцерогенных веществ, улучшение вкусовых качеств при жарке и тушении. Принцип ее работы основан на использовании метода электротермической конвекции теплообменных поверхностей жарочного настила.

Техническое решение базируется на повышении КПД за счет принудительного изменения движения конвективных потоков воздуха от греющих поверхностей. Это обеспечивает снижение теплотер, расхода энергоресурсов, сроков закипания воды на 26–28 %. Тепловой аппарат предусматривает дополнительное включение в его конструкцию (рис. 1) коробчатых газоходов со встроенными приточными вентиляторами и

фильтрами. Источник напряжения для ионизации воздуха связан через шину с высоковольтным электродом, подкаченным к ионизационной решетке. Электрическая схема плиты представлена на рисунке 2.

Конструктивные особенности предложенной плиты заключаются в следующем. На внешней стороне жарочного настила с двух сторон жестко фиксируются короб для подачи воздуха (4) и заборник (1), соединенные между собой через коробчатые газоходы (13). Ионизирующее устройство (6) изготовлено в виде металлической сетки (ячейка 10 × 10 мм), вмонтированной в изоляционную пластину из фторопласта. Ионизирующее устройство связано через высоковольтный электрод и шину с источником высоковольтного напряжения (до 12 кВ). Газоход (13), изготовлен из теплоизолированного материала, что обеспечивает постоянную температуру проходящего потока воздуха.

Электрическая плита работает следующим образом. Вентиляторы (15) принудительно изменяют направление восходящего конвективного потока воздуха, нагретого жарочным настилом (8), с вертикального на горизонтальное. Воздух ($t = 20\text{--}70\text{ }^{\circ}\text{C}$) через заборник (1) поступает в коробчатый газоход (13) и в фильтр. Очищенный воздух со скоростью 1,0–1,8 м/с поступает в тепловую завесу, где, проходя через ионизирующее устройство (6), положительно (пары, пылинки, содержащиеся в воздухе, приобретают плюсовой заряд) заряжается и ионизируется, а затем подается на рабочую

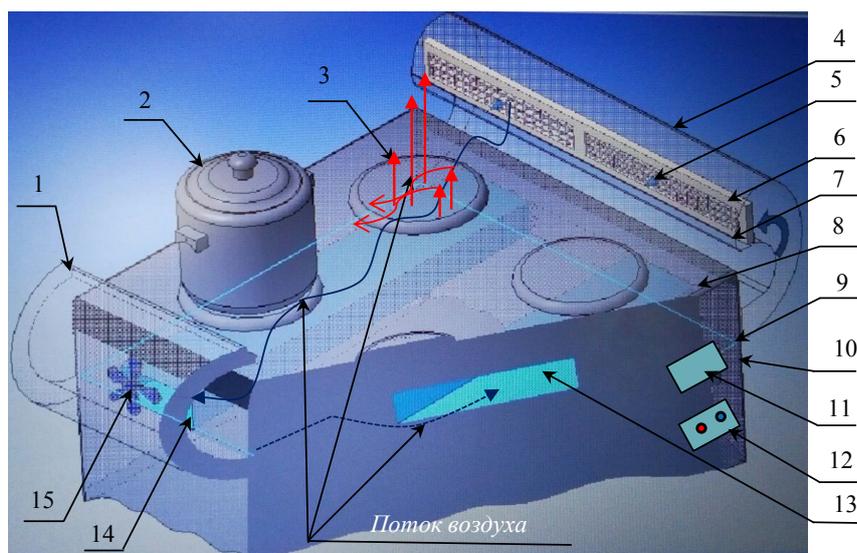


Рисунок 1 – Электрическая плита ПЭ-УИЭВ: 1 – заборник; 2 – котел; 3 – конфорка; 4 – короб для подачи воздуха; 5 – высоковольтный электрод; 6 – ионизирующее устройство; 7 – щелевое сопло; 8 – жарочный настил; 9 – шина; 10 – корпус; 11 – источник напряжения; 12 – блок управления; 13 – коробчатый газоход; 14 – фильтр; 15 – вентилятор

Figure 1 – PE-UIEV electric stove: 1 – intake; 2 – boiler; 3 – ring; 4 – air supply box; 5 – high voltage electrode; 6 – ionizing device; 7 – slotted nozzle; 8 – frying flooring; 9 – tire; 10 – the case; 11 – voltage source; 12 – control unit; 13 – box flue; 14 – the filter; 15 – fan

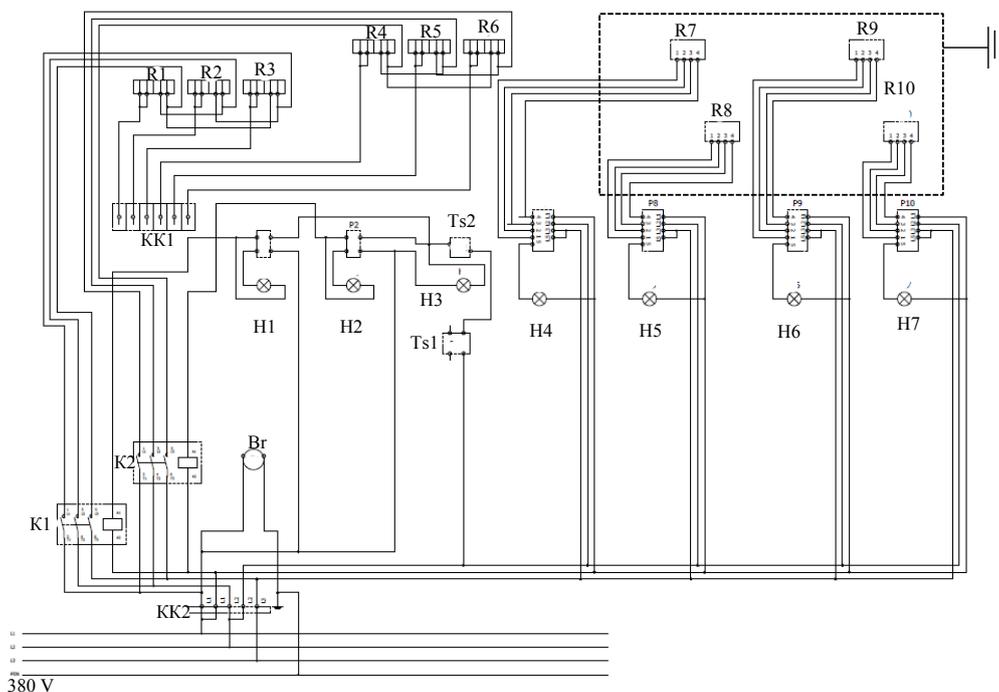


Рисунок 2 – Электрическая схема: Н1-Н7 – сигнальная лампа; К1-К2 – клемма рядовая; КК1 – клемма колодка; КК2 – клемма колодка; Вг – разъем быстросъемный FQ14; P1-P2 – двухпозиционный переключатель; P7-P10 – шестипозиционный переключатель; R1-R6 – ТЭНы; R7-R10 – конфорки; Ts1 – аварийный термостат; Ts2 – рабочий термостат

Figure 2 – Electric circuit: H1-H7 – warning lamp; K1-K2 – ordinary terminal; КК1 – terminal block; КК2 – terminal block; Br – quick connector FQ14; P1-P2 – two-way switch; P7-P10 – six-position switch; R1-R6 – TENV; R7-R10 – burners; TS1 – emergency thermostat; TS2 – working thermostat

поверхность жарочного настила (8). Воздушный поток проходит на высоте 2–7 см от жарочного настила. Конструктивные изменения позволяют обеспечить регулировку подачи переменного электрического тока напряжением от 1 кВ до 12 кВ от источника высоковольтного напряжения на ионизирующую решетку в зависимости от технологической операции. Пары воды (H_2O) при прохождении ионизирующей решетки разрываются на водород (H_2) и кислород (O_2). Водород дезинфицирует воздух. Молекулы кислорода (O_2) под воздействием электрического поля образуют азот (O_3). При взаимодействии молекул азота с поверхностными молекулами продукта питания происходит улучшения вкуса, а при выпечке хлебобулочных изделий – реакция озонизации, а также усиливается цвет и аромат (реакция этерификации).

Положительно заряженный горячий воздух с большой скоростью притягивается к заземленной жарочной поверхности плиты и наплитных котлов, омывая их боковые поверхности и срывая пограничный слой, изменяет свою энергию, нейтрализуя заряд, отбрасывается новыми порциями ионизированной воздушной смеси. При этом реализуется эффект электротермической интенсификации теплоотдачи. Большая часть нейтрализованного воздуха, достигшего заборника (1), поступает снова в коробчатый газодход (13) на очистку, электризацию и ионизацию.

Принудительное изменение движения конвективных потоков воздуха над плитой достигается за счет электризации. В зависимости от кулинарной операции (варка, жарка, тушение) блок управления подает сигнал на подачу напряжения источником электроэнергии на ионизирующее устройство (6) от 1 кВ до 12 кВ при силе тока $I = 2$ мА и частоте $f = 50$ Гц.

Конструктивные изменения электрической плиты позволяют снизить скорость движения уходящего нагретого воздуха $t = 50-70$ °С с малым коэффициентом теплоотдачи, возникающего при свободной конвекции. Пристенный ламинарный слой воздуха при этих скоростях представляет собой большое термическое сопротивление. Конвективный теплообмен усиливается за счет принудительного потока горячего воздуха вдоль поверхности конфорок (этот поток горячего воздуха уходил в помещение в вертикальном направлении). В предложенном техническом решении электризованный воздушный поток создает терморadiационную защиту («налипает») на заземленную греющую поверхность пищеварочного котла (сковороды) [2]. Это позволяет в выпуклом днище котла исключить застойные воздушные зоны, игравшие роль теплоизоляции и добавить конвективную составляющую теплопередачи через часть днища и боковую стенку.

Создание условий для горизонтального обдува горячим воздухом и переход от ламинарного

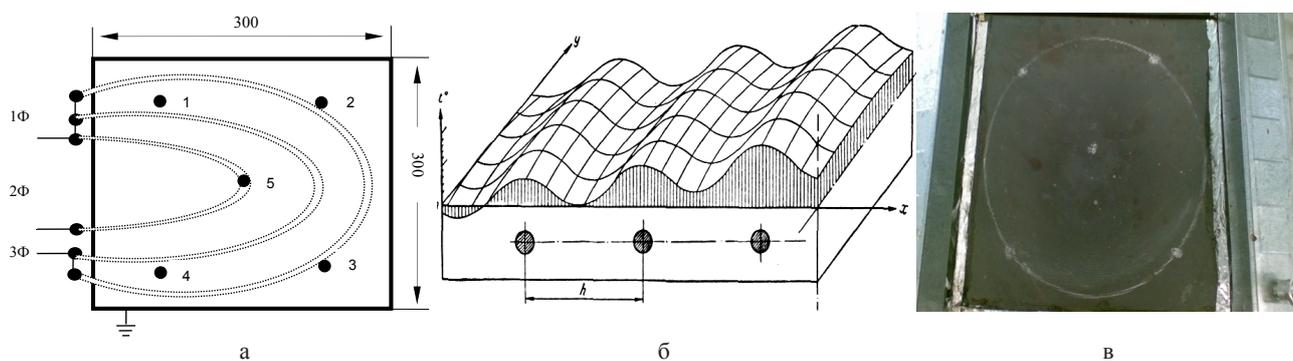


Рисунок 3 – Расположение трубчатых электронагревателей конфорке: а – схема прямоугольной конфорки; б – рельеф температурного поля прямоугольной конфорки с ТЭНами, залитыми в корпус; в – места расположения точек замера температур

Figure 3 – Location of tubular electric heater burner: a – the scheme of a rectangular ring; b – relief of the temperature field of a rectangular burner with heating elements poured into the housing; c – locations of temperature measurement points

движения горячего воздуха к турбулентному обеспечивает повышение КПД конфорки на 8,7 %. Это ускоряет время закипания воды в наплитных котлах на 8 %.

Внедрение электротермической конвекции позволяет интенсифицировать процесс теплосъёма на 25 % и более. Время закипания воды в пищеварочном котле сокращается, что приводит к снижению на 17 % расхода электроэнергии.

Известно, что температурные поля электрических конфорок имеют значительную неравномерность нагрева отдельных участков в процессе работы плиты [3].

На рисунке 3 показано расположение трубчатых ТЭНов, приблизительный рельеф температурного поля прямоугольной конфорки с ТЭНами, залитыми в корпус, а также расположение 5 точек замера температуры для определения степени неравномерности нагрева рабочей поверхности.

Максимальная температура наблюдается в средней части конфорки и местах расположения ТЭНов, минимальная температура – в плоскости симметрии между ТЭНами. На рисунке 3б хорошо заметно влияние бокового охлаждения конфорки на характер температурного поля.

Новизна устройства заключается в том, что конструктивные изменения обеспечивают повышение коэффициента теплоотдачи от поверхности конфорки к наплитному котлу в 3 раза за счет создания условий для образования эффекта электротермической конвекции. Обработка воздуха электричеством придает ему «липкие» свойства. Воздух прилипает к заземленным поверхностям наплитных котлов. Ионизированный воздух интенсивно выполняет функцию переносчика тепла. Ионизация позволила достичь снижения в 2–4 раза образования канцерогенных веществ и обеззараживания готовых блюд.

Результаты и их обсуждение

Для подтверждения эффективности предложенных конструктивных изменений была изготовлена (на базе плиты ЭП-2ЖШ) экспериментальная установка (рис. 4).

Проведенные исследования на экспериментальной установке позволили получить следующие результаты:

1) Установлено, что создание эффекта электротермической конвекции обеспечивает увеличение температуры по высоте наплитного



Рисунок 4 – Экспериментальная установка

Figure 4 – Experimental setup

Таблица 1 – Сравнительная характеристика теплопроизводительности электрической плиты и коэффициента полезного действия

Table 1 – Comparative characteristics of the heat output of the electric stove and efficiency

Вид воздействия	Конфорки на тах мощность		Конфорки на ½ мощности	
	Q, кВт	η, %	Q, кВт	η, %
С использованием электротермической конвекции	1,79	65	1,05	78
С использованием ионизированной электротермической конвекции	1,82	67	1,0	80

котла в 2–3 раза. Это повышает теплоотдачу конфорок на тах и ½ мощности (табл. 1, рис. 5).

2) Обоснованы технологические режимы подачи напряжения для ионизации циркулирующего воздуха в период приготовления пищи (жарение 5–7 кВ, приготовление 1 блюдо и кипятка 10,5–12,5 кВ).

3) Выявлено влияние ионизации воздуха на время закипания воды и получены уравнения регрессии (рис. 6).

4) Установлено, что наложение электрического поля на подаваемый горячий воздух ($t = 50–70\text{ }^\circ\text{C}$) позволяет увеличить общий коэффициент теплоотдачи от потока ионизированного электризованного воздуха перед касанием отрицательно заряженных стенок котлов на 22–33 %. Технологические режимы ионизации циркулирующего воздуха сокращают время закипания воды на 26–28 % с использованием полной мощности конфорок на 22–24 % при ½ мощности.

5) Выявлена степень прироста теплоотдачи в зависимости от напряжения электрического поля при ионизации. Установлено, что график (рис. 7) зависимости $Nu = f(U)$ можно подразделить на три основных участка: 1 – квадратичный (от 0 до 4 кВ), 2 – линейный (от 4 до 12 кВ) и 3 – экспоненциальный (от 12 кВ).

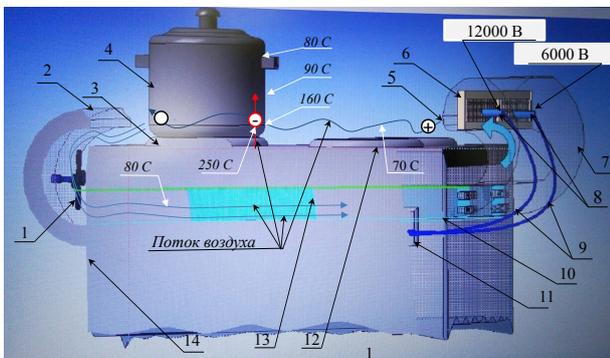


Рисунок 5 – Принципиальная схема работы плиты при принудительной ионизации воздуха

Figure 5 – Schematic diagram of the plate operation with forced air ionization

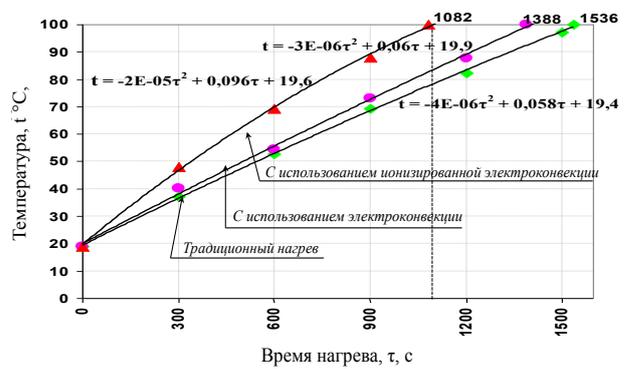


Рисунок 6 – Зависимость повышения температуры воды от времени нагрева при работе конфорок на полную мощность

Figure 6 – The effect of the increase in water temperature on the heating time when the burners are operating at full power

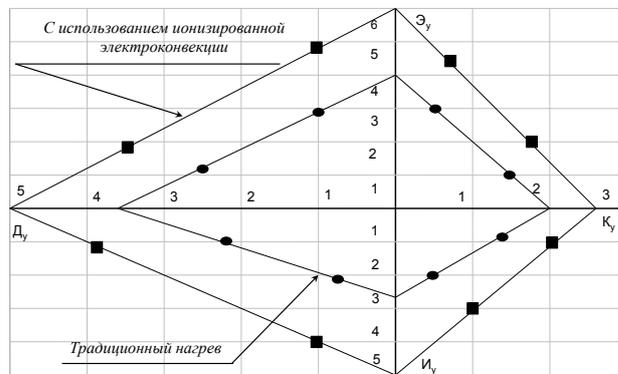


Рисунок 7 – Прирост теплоотдачи в зависимости от напряжения электрического поля, наложенного на воздушный поток горячего воздуха

Figure 7 – The increase in heat transfer depending on the voltage of the electric field imposed on the air flow of hot air

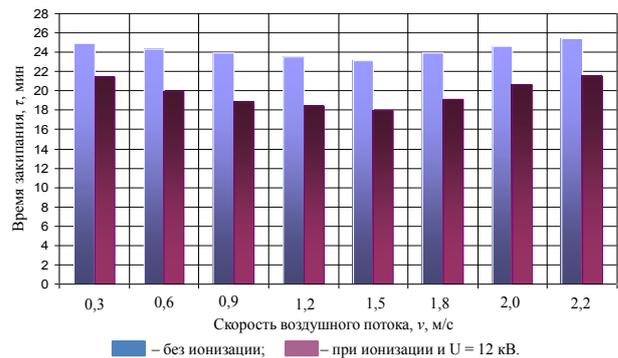


Рисунок 8 – Удельные показатели технической эффективности модернизированной плиты: K_y – удельные капитальные затраты; I_y – удельные эксплуатационные издержки; D_y – удельные затраты времени приготовления пищи; \mathcal{E}_y – удельные энергетические затраты при приготовлении пищи

Figure 8 – Specific indicators of the technical efficiency of the upgraded plate: K_y – specific capital costs; I_y – unit operating costs; D_y – the unit cost of cooking time; \mathcal{E}_y – specific energy consumption when cooking

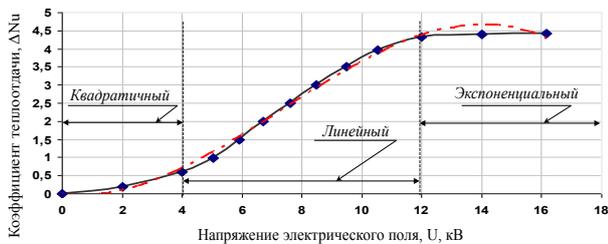


Рисунок 9 – Диаграмма зависимости времени закипания воды от скорости воздушного потока

Figure 9 – Chart of the effect of the air flow rate on the boiling time

6) Определены удельные показатели технической эффективности плиты с конструктивными изменениями: K_u – удельные капитальные затраты, руб./блюдо; I_u – удельные эксплуатационные издержки, руб./плита; D_u – удельные затраты времени приготовления пищи, с/блюдо; Ξ_u – удельные энергетические затраты при приготовлении пищи, кВт/кг. Удельные показатели представлены рисунке 8 в виде отрезков, отложенные на лучах К, Н, Д и Э.

7) Определено, что установленная мощность источника высокого напряжения, при выходном напряжении от тока нагрузки, электробезопасна для обслуживающего персонала.

8) Определено влияние скорости воздушного потока на время закипания воды. Оптимальная скорость воздуха вдоль жарочной поверхности для интенсификации процессов теплообмена определена в интервале 1,2–1,5 м/с (рис. 9). Электротермическая конвекция позволяет интенсифицировать процесс теплосъема дополнительно на 18–21%. Время закипания воды в котле существенно уменьшается, а потребление электроэнергии значительно снижается.

Выводы

Таким образом, искусственно созданный положительно заряженный ионизированный воздушный

поток температурой 20–70 °С при скорости 1,2–1,5 м/с, поступаая через щелевое сопло на заземленные пищеварочные котлы, установленные на жарочном настиле с смонтированным электродом отрицательного заряда, позволяет:

- повысить эффективность работы электрической плиты на 18–21 % за счет разрушения пристенного слоя и роста электротермоотдачи;
- сократить время закипания жидкости на 26–28 %, расход электроэнергии на 18 %, образование канцерогенных веществ в 2 раза;
- улучшить вкусовые качества готовых блюд;
- сократить затраты энергоресурсов на работу приточной вентиляции помещения и снижение тепловых потерь в 2 раза;
- увеличить коэффициент теплоотдачи от струи электризованного воздуха перед касанием отрицательно заряженных стенок котлов на 22–33 %;
- сократить потребляемую мощность на циркуляцию и ионизацию оборотного воздуха (0,3–1,0 % от потребляемой мощности плиты);
- обеспечить возможность интенсификации теплоотдачи к котлам до 28 %;
- повысить коэффициент полезного действия теплового аппарата на 18 %.

В ходе анализа основных направлений повышения эффективности технологических процессов продовольственного обеспечения группировки войск (сил) РФ были выявлены преимущества газового топлива по отношению к другим видам топлива.

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Благодарности

Выражаю благодарность профессорско-преподавательскому составу кафедры «Процессы и аппараты пищевых производств», ИТМО, г. Санкт-Петербург.

Список литературы

1. Топоров, А. В. Обоснование критериев оценки военно-экономической эффективности процессов материально-технического обеспечения войск (сил) / А. В. Топоров, В. И. Бабенков // Известия Российской академии ракетных и артиллерийских наук. – 2017. – Т. 96, № 1. – С. 23–28.
2. Цыльковских, А. А. Анализ системы государственного заказа ведущих зарубежных стран / А. А. Цыльковских, А. М. Смунов // Известия Российской академии ракетных и артиллерийских наук. – 2017. – Т. 96, № 1. – С. 41–46.
3. Пьянков, А. А. Проблемные вопросы планирования и реализации мероприятий технического обеспечения Вооруженных Сил Российской Федерации в рамках государственной программы вооружения и пути их решения / А. А. Пьянков, М. С. Белорозов // Вооружение и экономика. – 2016. – Т. 37, № 4. – С. 57–69.
4. Пьянков, А. А. Основные проблемы планирования и управления развитием системы вооружения применительно к существующей системе технического обеспечения Вооруженных Сил / А. А. Пьянков // Вооружение и экономика. – 2015. – Т. 30, № 1. – С. 23–34.
5. Фитерер, Д. В. Пути совершенствования технических средств продовольственной службы / Д. В. Фитерер, С. А. Романчиков // Актуальные вопросы совершенствования системы технического обеспечения : сборник научных трудов всероссийской научно-практической конференции (с международным участием) / Пермский военный институт войск национальной гвардии Российской Федерации. – Пермь, 2017. – С. 141–148.
6. Романчиков, С. А. Изменение условий разработки новых продуктов питания для импортзамещения в условиях экономических санкций / С. А. Романчиков // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2017. – Т. 49, № 4. – С. 178–183.

7. Пат. № 2350846 Российская Федерация, МПК F 24 С 7 06. Электрическая плита / Алексеев Г. В., Антуфьев В. Т., Громцев С. А. [и др.]; патентообладатель ГОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий». – № 2007115514/03; заявл. 24.04.2007; опубл. 27.03.2008; Бюл. 9.
8. Алексеев, Г. В. Использование математического моделирования для ресурсосберегающих пищевых производств / Г. В. Алексеев, О. И. Аксенова // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. – 2014. – № 3. – С. 1–10.
9. Алексеев, Г. В. Современные подходы к рациональному использованию ресурсов при первичной обработке пищевого сырья / Г. В. Алексеев, Е. И. Верболюз // Вестник Международной академии холода. – 2003. – № 4. – С. 35–39.
10. Модель тепловой нагрузки при динамической абразивной обработке пищевых материалов / Г. В. Алексеев, Б. А. Вороненко, Д. В. Харитонов [и др.] // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2016. – Т. 70, № 4. – С. 56–60. DOI: <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2016-4-56-60>.
11. Роль компьютерного моделирования в подготовке специалистов продовольственного направления / Г. В. Алексеев, И. И. Бриденко, Е. И. Верболюз [и др.] // Актуальные проблемы прикладной математики, информатики и механики : сборник трудов Международной научно-технической конференции / Воронежский государственный университет. – Воронеж, 2017. – С. 161–168.
12. Верболюз, Е. И. Влияние тепловой обработки на функциональные свойства рыбных фаршей / Е. И. Верболюз, Г. В. Алексеев, О. И. Аксёнова // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. – 2016. – № 1. – С. 107–112.
13. Николюк, О. И. Инновационные решения для повышения пищевой ценности продовольственного пайка / О. И. Николюк, С. А. Романчиков // Ресурсное обеспечение силовых министерств и ведомств: вчера, сегодня, завтра: сборник статей II Международной научно-практической конференции / Пермский военный институт войск национальной гвардии Российской Федерации. – Пермь, 2016. – С. 308–311.
14. Бабакин, Б. С. Исследования тепломассообмена воздухоохладителя в условиях электроконвекции / Б. С. Бабакин, М. А. Еркин // Применение псевдокипящего слоя и флюидизированных систем в пищевой вкусовой и биотехнологической промышленности : тезисы докладов научно-технической конференции. – Пловдив, 1989. – С. 19–20.
15. Simulation of electrical convection effect onto the heat exchange in air condenser / I. A. Rogov, B. S. Babakin, N. A. Mikhajlov [et al.] // Электронная обработка материалов. – 1991. – № 1. – С. 54–58.
16. Коденцова, В. М. Современные тенденции в витаминологии / В. М. Коденцова // Вопросы питания. – 2018. – Т. 87, № S5. – С. 59–60. DOI: <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2018-10145>.
17. Вржесинская, О. А. Использование в питании человека обогащенных пищевых продуктов: оценка максимально возможного поступления витаминов, железа, кальция / О. А. Вржесинская, В. М. Коденцова // Вопросы питания. – 2007. – Т. 76, № 4. – С. 41–48.
18. Вржесинская, О. А. К обоснованию уровня обогащения витаминами и минеральными веществами пищевых продуктов массового потребления / О. А. Вржесинская, В. М. Коденцова // Вопросы питания. – 2011. – Т. 80, № 5. – С. 64–70.
19. Валеева, Э. Р. Риск для здоровья подростков, обусловленный химической контаминацией пищевых продуктов / Э. Р. Валеева, Г. А. Исмаилова // Вопросы питания. – 2018. – Т. 87, № S5. – С. 179–180. DOI: <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2018-10287>.
20. Коденцова, В. М. Анализ отечественного и международного опыта использования обогащенных витаминами пищевых продуктов / В. М. Коденцова, О. А. Вржесинская // Вопросы питания. – 2016. – Т. 85, № 2. – С. 31–50.

References

1. Toporov A.V. and Babenkov V.I. Justification the evaluation criteria of the military-economic efficiency of logistic processes of troops (forces). *Izvestiya Rossiyskoy akademii raketnykh i artilleriyskikh nauk* [Russian Academy of Rocket and Artillery Sciences], 2017, vol. 96, no. 1, pp. 23–28. (In Russ.).
2. Celykovskih A.A. and Smurov A.M. An analysis of the system of public procurement of the leading foreign countries. *Izvestiya Rossiyskoy akademii raketnykh i artilleriyskikh nauk* [Russian Academy of Rocket and Artillery Sciences], 2017, vol. 96, no. 1, pp. 41–46. (In Russ.).
3. Pyankov A.A. and Belorozov M.S. Planning and Implementation Problem Issue of the Armed forces of the Russian Federation Technical Support Arrangement within the Scope of State Armament Program and Solution Approaches. *Armament and Economics*, 2016, vol. 37, no. 4, pp. 57–69. (In Russ.).
4. Pyankov A.A. Main problems of planning and management of development of system of arms in the conditions of modern system of technical providing armed forces. *Armament and Economics*, 2015, vol. 30, no. 1, pp. 23–34. (In Russ.).
5. Fiterer D.V. and Romanchikov S.A. Ways of improvement of technical means of food service. *Aktual'nye voprosy sovershenstvovaniya sistemy tekhnicheskogo obespecheniya: sbornik nauchnykh trudov vs Rossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii (s mezhdunarodnym uchastiem)* [Topical issues of improving the technical support system: Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference (with international participation)]. Perm, 2017, pp. 141–148. (In Russ.).
6. Romanchikov S.A. Changing the conditions for developing new foodstuffs for import substitution in the conditions of economic sanctions. *Izvestiya Saint-Petersburg State Agrarian University*, 2017, vol. 49, no. 4, pp. 178–183. (In Russ.).
7. Alekseev G.V., Antufev V.T., Gromtsev S.A., Gromtsev A.S., and Smoljanskij O.V. *Electric Stove*. Patent FR, no. 2350846, 2008.

8. Alexeev G.V. and Aksenova O.I. Use of mathematical modeling for resursoberegayuschih food production. *Scientific Journal NRU ITMO. Series: Processes and Food Production Equipment*, 2014, no. 3, pp. 1–10. (In Russ.).
9. Alekseev G.V. and Verboloz E.I. Sovremennyye podkhody k ratsional'nomu ispol'zovaniyu resursov pri pervichnoy obrabotke pishchevogo syr'ya [Modern approaches to the rational use of resources in the primary processing of food raw materials]. *Journal International Academy of Refrigeration*, 2003, no. 4, pp. 35–39. (In Russ.).
10. Alekseev G.V., Voronenko B.A., Kharitonov D.V., and Leu A.G. Model of the heat load under dynamic abrasive processing of food material. *Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies*, 2016, vol. 70, no. 4, pp. 56–60. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2016-4-56-60>.
11. Alekseev G.V., Bridenko I.I., Verboloz E.I., et al. Rol' komp'yuternogo modelirovaniya v podgotovke spetsialistov prodovol'stvennogo napravleniya [The role of computer modeling in food industry education]. *Aktual'nye problemy prikladnoy matematiki, informatiki i mekhaniki: sbornik trudov Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii* [Topical issues of applied mathematics, computer science, and mechanics: Proceedings of the International Scientific and Technical conference]. Voronezh, 2017, pp. 161–168. (In Russ.).
12. Verboloz E.I., Alexeev G.V., and Aksenova O.I. Influence of the heat processing on functional characteristics of the minced fish. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing Industry*, 2016, no. 1, pp. 107–112. (In Russ.).
13. Romanchikov S.A. and Nikolyuk O.I. Innovative solutions for increasing the nutritional value of food rations. *Resursnoe obespechenie silovyykh ministerstv i vedomstv: vchera, segodnya, zavtra: sbornik statey II Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Resource provision of power ministries and departments: yesterday, today, tomorrow: proceedings of the II International Scientific and Practical Conference]. Perm, 2016, pp. 308–311. (In Russ.).
14. Babakin B.S. and Erkin M.A. Issledovaniya teplomassoobmena vozdukhookhladitelya v usloviyakh ehlektrokonveksii [Studies of the heat and mass transfer of the air cooler under the conditions of electroconvection]. *Primenenie psevdokipyashchego sloya i flyuidizirovannykh sistem v pishchevoy vkusovoy i biotekhnologicheskoy promyshlennosti: tezisy dokladov nauchno-tekhnicheskoy konferentsii* [Application of a pseudo-boiling layer and fluidized systems in the food and biotechnology industry: abstracts of scientific and technical conference reports]. Plovdiv, 1989, pp. 19–20. (In Russ.).
15. Rogov I.A., Babakin B.S., Mikhajlov N.A., and Bovkun M.R. Simulation of electrical convection effect onto the heat exchange in air condenser. *Surface Engineering and Applied Electrochemistry*, 1991, no. 1, pp. 54–58. (In Russ.).
16. Kodentsova V.M. Sovremennyye tendentsii v vitaminologii [Modern trends in vitaminology]. *Problems of Nutrition*, 2018, vol. 87, no. S5, pp. 59–60. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2018-10145>.
17. Vrzhesinskaya O.A. and Kodentsova V.M. Enriched foodstuffs: the estimation of the maximal possible intake of vitamins, iron, calcium. *Problems of Nutrition*, 2007, vol. 46, no. 4, pp. 41–48. (In Russ.).
18. Kodentsova V.M. and Vrzhesinskaya O.A. The justification of levels of vitamins and minerals added to foods of mass consumption. *Problems of Nutrition*, 2011, vol. 80, no. 6, pp. 64–70. (In Russ.).
19. Valeeva E.R. and Ismagilova G.A. Risk dlya zdorov'ya podrostkov, obuslovlennyy khimicheskoy kontaminatsiey pishchevyykh produktov [Health risks from chemical contamination of food to teenagers]. *Problems of Nutrition*, 2018, vol. 87, no. S5, pp. 179–180. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2018-10287>.
20. Kodentsova V.M. and Vrzhesinskaya O.A. The analysis of domestic and international policy of food fortification with vitamins. *Problems of Nutrition*, 2016, vol. 85, no. 2, pp. 31–50. (In Russ.).

Романчиков Сергей Александрович

канд. техн. наук, докторант, Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А. В. Хрулева, 199034, Россия, г. Санкт-Петербург, наб. Макарова, 8, тел.: +7 (911) 209-49-67, e-mail: romanchkovspb@mail.ru.

 <https://orcid.org/0000-0003-4387-6822>

Sergei A. Romanchikov

Cand.Sci.(Eng.), Doctoral student of the A.V. Khruyov Military Educational Institution of Logistics, 8, Makarov Emb., Saint Petersburg, 199034, Russia, phone: +7 (911) 209-49-67, e-mail: romanchkovspb@mail.ru.

 <https://orcid.org/0000-0003-4387-6822>

<https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-4-139-146>
УДК 338.436.33

Оригинальная статья
<http://fptt.ru/>

Контроллинг как основа эффективного управления на предприятиях агропромышленного комплекса

Е. А. Жидкова 

Дата поступления в редакцию: 21.11.2018
Дата принятия в печать: 28.12.2018

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

e-mail: 291154@mail.ru



© Е. А. Жидкова, 2018

Аннотация. Агропромышленный комплекс является ведущей сферой экономики страны, формирующей агропродовольственный рынок, продовольственную и экономическую безопасность страны. В настоящее время предприятия агропромышленного комплекса сталкиваются с определенными трудностями, которые обусловлены вводимыми санкциями и проблемами импортозамещения. Агропромышленный комплекс, как и любая другая сложная многоуровневая система, нуждается в эффективном управлении. Для успешного функционирования и дальнейшего развития предприятий АПК руководству необходимо принимать своевременные и обоснованные стратегические и оперативные управленческие решения, координировать деятельность всех структурных подразделений для достижения поставленных целей. Непростые условия деятельности агропромышленных предприятий сформировали потребность в разработке новых подходов для более эффективного управления предприятием АПК. Одним из направлений совершенствования управленческой деятельности на агропромышленных предприятиях выступает построение системы контроллинга. Контроллинг объединяет учет, контроль, планирование и анализ в единую самоуправляемую систему. В статье рассматривается понятие и сущность контроллинга, являющегося основой эффективного управления предприятием АПК. Одной из главных причин внедрения контроллинга на предприятиях АПК является необходимость обеспечения системной интеграции различных аспектов управления деятельностью предприятия, так как контроллинг обеспечивает методическую и инструментальную базу для поддержки основных функций управления: планирования, контроля, регулирования, учета и анализа. От правильной организации, постановки и развития качественного контроллинга зависит эффективность управления предприятием АПК, а также обеспечение процессов принятия обоснованных стратегических и тактических управленческих решений, которые направлены на стабилизацию финансового положения.

Ключевые слова. Контроллинг, управление, предприятие АПК, контроль, учет, система

Для цитирования: Жидкова, Е. А. Контроллинг как основа эффективного управления на предприятиях агропромышленного комплекса / Е. А. Жидкова // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 4. – С. 139–146. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-4-139-146>.

Original article

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

Controlling as a Basis for Effective Management in Enterprises of the Agro-Industrial Complex

E.A. Zhidkova 

Received: November 21, 2018
Accepted: December 28, 2018

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

e-mail: 291154@mail.ru



© E.A. Zhidkova, 2018

Abstract. The agro-industrial complex is the leading sector of the country's economy, which forms its agri-food market, as well as its food and economic security. Enterprises of the agro-industrial complex are currently facing certain difficulties, which are caused by the imposed sanctions and problems of import substitution. The agro-industrial complex, like any other complex multi-level system, needs effective management. It can function and develop successfully only if its management makes timely and reasonable strategic and operational decisions and coordinates the activities of all structural divisions in order to achieve common goals. The difficulties mentioned above have shaped the need to develop new approaches for more efficient management of agricultural enterprises. One of the ways to improve management in agribusiness enterprises is to build a controlling system. Controlling integrates accounting, control, planning, and analysis into a single, self-managed system. The article features the concept and essence of controlling, which is the basis for the effective management of any agricultural enterprise. One of the main reasons for the introduction of controlling in the enterprises of the agro-industrial complex is the need for a system integration of various aspects of business process management in the organizational structure of the enterprise, as controlling provides a methodological

and instrumental base to support the main management functions: planning, control, regulation, accounting, and analysis. The organization, production, and development of timely high-quality controlling not only determines the efficiency of the agro-industrial complex enterprise management, but also ensures the processes of making sound management decisions that are aimed at stabilizing the financial situation, smoothing the risks of bankruptcy, as well as the preservation of assets, intellectual property, and innovation.

Keywords. Controlling, management, agricultural enterprise, control, accounting, system

For citation: Zhidkova E.A. Controlling as a Basis for Effective Management in Enterprises of the Agro-Industrial Complex. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2018, vol. 48, no. 4, pp. 139–146. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-4-139-146>.

Введение

Изменения, которые происходят в последнее время во всех сферах экономики, оказывают существенное воздействие и на агропромышленный комплекс России. В настоящее время агропромышленный комплекс стал одним из основных приоритетов развития страны из-за введенных в действие экономических санкций и предпринятых Россией мер по введению контрсанкций, затрагивающих импортные поставки сельскохозяйственной продукции и продуктов питания.

Агропромышленный комплекс играет значительную роль в экономике России, поскольку на его долю приходится до 6 % объема ВВП страны и 9,5 % численности занятых. По итогам 2017 года объем производства продукции сельского хозяйства в России вырос на 2,4 % т. е. до 5,1 трлн руб. На современном этапе АПК характеризуется высокой устойчивостью к кризисным явлениям и стабильным развитием.

Дальнейшее развитие агропромышленного комплекса страны определяется в первую очередь аграрной политикой государства. Вместе с тем необходимо оценить возможности самих предприятий агропромышленного комплекса по повышению эффективности производства. Для успешного функционирования предприятий АПК руководству необходимо принимать своевременные и обоснованные управленческие решения как на стратегическом, так и на оперативном уровне, а также координирование деятельности всех уровней исполнителей для получения лучшего результата в результате отлаженных действий. Современные условия деятельности агропромышленных предприятий сформировали потребность в разработке новых подходов к управлению предприятием АПК, способных своевременно выявить и устранить негативные тенденции как внутри, так и вокруг организации. В связи с этим предприятиям АПК необходимо ориентироваться на использование новейших концепций управления бизнесом. Контроллинг среди этих концепций занимает главенствующую позицию. Он учитывает современные условия развития экономики и обеспечивает повышение эффективности управления агропромышленным предприятием путем создания новых и совершенствования действующих механизмов управления.

На предприятиях агропромышленного комплекса России контроллинг как система управления на

данный момент не получила должного развития. В современной действительности отсутствует четко отработанная и приносящая свои результаты практика применения и тем более развития контроллинга на предприятиях АПК. Руководством и собственниками предприятий АПК применяются только некоторые его части. Например, ведение управленческого учета, формирование некоторых бюджетов, контрольные функции, что останавливает интенсивное применение системы контроллинга. Это следствие недооценки значимости и эффективности применения контроллинга руководителями предприятий агропромышленного комплекса. Учитывая вышесказанное, вопросы, связанные с повышением эффективности управления предприятиями АПК на основе контроллинга, являются актуальными.

Целью работы является теоретическое обоснование повышения эффективности управления агропромышленным предприятием на основе использования концепции контроллинга.

Объекты и методы исследования

Объект исследования – предприятия агропромышленного комплекса Российской Федерации.

Методы исследования – методы структурно-функционального анализа и системного подхода.

Результаты и их обсуждение

В целях понимания необходимости формирования и развития контроллинга как основы эффективного управления на предприятиях АПК необходимо рассмотреть сущность и содержание контроллинга. Среди зарубежных авторов большой вклад в изучение сущности контроллинга и его практического использования отводится ведущим зарубежным ученым П. Вебер, А. Дайле, К. Друри, П. Друкер, Х. Кюппер, Р. Манн, Э. Майер, Т. Райхман, Х. И. Фольмут, П. Хорват, Д. Хан, В. Хофенбек. Большой вклад в адаптацию сущности контроллинга к современным условиям российской экономики сделали: В. Б. Ивашкевич, Е. А. Ананькина, А. М. Карминский, Ю. П. Анискин, Н. Г. Данилочкина, В. Э. Керимов, Л. А. Малышева, О. Е. Николаева, С. Г. Фалько и др. Определение и понимание термина контроллинг, а также интерпретация его целей и формулировка задач, которые благодаря ему можно решить, различаются, в некоторых позициях даже кардинально, у отечественных и иностранных пользователей этого термина. Также нет единого

понимания места контроллинга в системе управления агропромышленным предприятием.

Исследование понятия «контроллинг» выявило значительный разброс мнений зарубежных и отечественных авторов в определении сущности контроллинга. Рассмотрим основные мнения относительно формулировки «контроллинг», представленные в разнообразных научных трудах (табл. 1).

В результате исследования сущности контроллинга можно сказать, что есть очень много определений термина «контроллинг». Многие отечественные ученые считают контроллинг «концепцией системного управления и способом мышления менеджеров, в основе которого лежит стремление обеспечивать долгосрочное эффективное функционирование организации» [1].

Виталий Борисович Ивашкевич, российский учёный-экономист, создавший в России собственную научную школу бухгалтерского управленческого учета и контроллинга, определяет рассматриваемый нами термин как «систему управления достижением конечных целей и результатов деятельности фирмы, т. е.

экономические отношения, с некоторой долей условности, как система управления прибылью предприятия» [2].

Книга Хана Дитгера «Планирование и контроль: концепция контроллинга», описывающая комплексную систему контроллинга и соединяющая практику и теорию механизма функционирования интегрированной системы управления, приводит различные обозначения контроллинга и указывает, что наиболее удачным с его точки зрения является определение П. Хорвата, который «интерпретирует контроллинг как ориентированную на результат функцию поддержки руководства» [3].

В рамках данной статьи приведены только несколько определений понятия «контроллинг», но изучив мнения зарубежных и отечественных специалистов в данной области, можно сгруппировать мнения исследователей при определении сущности контроллинга. Более распространенными являются следующие концепции контроллинга:

– система управления для достижения результата (прибыли). Такой концепции придерживаются такие авторы, как Т. Райхман, Р. Манн, В. Хофенбек, В. Б. Ивашкевич, В. Широбоков и др;

Таблица 1 – Определения понятия «контроллинг»

Table 1 – Definitions of controlling

Определение	Автор
1	2
«Система управления ... будущим для обеспечения длительного функционирования предприятия и его структурных единиц ... для достижения максимально возможного общего результата деятельности»	Р. Манн, Э. Майер [4]
«Процесс, понимаемый как овладение экономической ситуацией на предприятии ... для поддержки усовершенствований».	А. Дайле [5]
«Управление через согласование целей; это есть коллективное решение, это практика стыковки различных связей и интересов»	
«Функционально обособленное направление экономической работы на предприятии, связанное с реализацией финансово-экономической и комментирующей функции в менеджменте для принятия оперативных и стратегических управленческих решений»	Е. А. Ананькина, С. В. Данилошкин, Н. Г. Данилошкина [6]
«Обеспечение успешного функционирования организационной системы в долгосрочной перспективе... на основе системной интеграции различных аспектов управления бизнес-процессами в организационной системе»	А. М. Карминский, Н. И. Оленев, А. Г. Примак, С. Г. Фалько [1]
«Система управления достижениями целей предприятия, то есть управление будущим для обеспечения длительного функционирования предприятия и его структурных единиц»	Ю. Г. Одегов, Т. В. Никонова
«Система тактического и стратегического управления предприятием, основанного на информационно-аналитическом отслеживании результатов производственно-коммерческой деятельности и оперативной корректировке плановых показателей (управленческих решений)»	В. П. Воронин, В. М. Самойлов, Л. В. Смачкова [8]
«Концепция, направленная на ликвидацию узких мест и ориентированная на будущее в соответствии с поставленными целями и задачами получения определенных результатов».	Ю. П. Анискин, А. М. Павлова
«Управление будущим для обеспечения длительного и эффективного функционирования предприятия и его структурных единиц».	[9]
«Предмет деятельности соответствующего менеджера независимо от занимаемой им должности или иерархической ступени в управлении предприятием»	
«Концепция управления предприятием, которая опирается на комплексное информационное и организационное соединение процессов планирования и контроля»	Ф. Фрайберг [10]
«Ориентированная на долгосрочное и эффективное развитие система информационно-аналитической, методической и инструментальной поддержки руководителей предприятия по достижению поставленных целей, обеспечивающая реализацию цикла управления по всем функциональным сферам и процессам посредством измерения ресурсов и результатов деятельности»	С. Г. Фалько [11]

– система управления по целям (в долгосрочной перспективе). Этой точки зрения придерживаются А. М. Карминский, А. П. Одегов, Ю. П. Анискин, С. Г. Фалько;

– система информационного обеспечения управления предприятием. К этой концепции можно отнести следующих авторов – Д. Хан, В. П. Воронин, В. М. Самойлов;

– система интегрирования инструментов и методов управления предприятием. Данной концепции придерживаются П. Хорват, Н. Карташева, Н. Г. Куссер, Ф. Фрайберг.

Выделим общие характеристики контроллинга на основании проведенной нами сравнительно-аналитической работы.

Во-первых, рассматриваемое нами явление, называемое многими авторами контроллингом, является всего лишь системой с определённым набором долгосрочных целей.

Во-вторых, контроллинг ориентирован на достижение положительного результата деятельности.

В-третьих, контроллинг создает информационную, инструментальную и методическую среду для управления предприятием АПК.

Поэтому, целеориентированную систему, обеспечивающую системную организацию, соединение и сопряжение этапов управления, функциональных областей, организационных единиц и проектов предприятия можно определить как контроллинг.

Для того чтобы полнее понять, в чем состоит сущность контроллинга, рассмотрим цели контроллинга и решаемые им задачи. В таблице 2 приведены основные трактовки цели контроллинга.

А. М. Карминский указывает, что основная цель контроллинга – «обеспечение методической и инструментальной базы для поддержки основных

функций менеджмента». В рамках данной цели задачи контроллинга состоят:

- в формировании и развитии системы комплексного планирования;
- в разработке методов планирования;
- в определении необходимой для планирования информации источников и путей ее получения;
- в создании системы сбора и обработки информации, существенной для принятия управленческих решений на разных уровнях руководства;
- в определении величин, контролируемых во временном и содержательном разрезе;
- в разработке архитектуры информационной системы, стандартизации информационных каналов и носителей, выбор методов обработки информации;
- в проведении специальных исследований, определяющих состояние и тенденции развития организации [1].

Ю. П. Анискин и А. М. Павлова считают, что основная цель контроллинга заключается в «предупреждении возникновения кризисных ситуаций ... как в настоящем, так и в будущем». Исходя из данной цели, задачи контроллинга состоят в следующем:

- «выявление проблем и корректировка деятельности организации до того, как эти проблемы перерастут в кризис»;
- «контроль и регулирование для успешной реакции ... на изменения, которые произойдут в среде»;
- «информационное сопровождение процесса планирования».

С. А. Смирнов группирует основные задачи контроллинга следующим образом: информационное обеспечение процессов учета, планирования и прогнозирования; регулирование и контроль за производственными и финансовыми аспектами деятельности предприятия; выполнение функции интеграции, системной организации, координации и т. п. [14].

Как мы видим из таблицы 2, в определении главной цели контроллинга авторы так же расходятся во мнениях, что обусловлено различными подходами к определению термина «контроллинг».

Особенности сельскохозяйственного производства, возникновение новых внешних и внутренних связей, увеличение потоков и объемов информации ведут к тому, что управление здесь является сложным видом деятельности человека. Для решения задач управления такой динамичной системой как сельское хозяйство необходим системный, комплексный подход к решению как частных, так и общих вопросов управления.

Контроллинг является усиленно развивающимся вектором в области координации деятельности предприятия. Благодаря системе контроллинга становится возможным переход на качественно новый уровень управления предприятием ввиду интеграции, координации и ориентации деятельности организационных подразделений на достижение

Таблица 2 – Цели контроллинга

Table 2 – Goals of controlling.

Цели контроллинга	Автор
Обеспечивает методическую и инструментальную базу для поддержки основных функций менеджмента	А. М. Карминский, Н. И. Оленев, А. Г. Примак, С. Г. Фалько [1]
Ориентация управленческого процесса на достижение всех целей, стоящих перед предприятием	Е. А. Ананькина, С. В. Данилочкин, Н. Г. Данилочкина и др. [6]
Предупреждение возникновения кризисных ситуаций ... как в настоящем, так и в будущем	Ю. П. Анискин, А. М. Павлова
Информационная поддержка управленческих решений для повышения их качества.	В. П. Воронин и др. [8]
Обеспечивает технологию эффективного управления, координацию управленческой деятельности по постановке (уточнению) и эффективному достижению стратегических и оперативных целей предприятия	С. Фалько [11]

поставленных оперативных и стратегических целей развития в конкурентных условиях, обеспечения устойчивого положения предприятия на рынках. Механизм контроллинга принято рассматривать как составную часть системы управления предприятием. Следование ему позволяет предприятию нарастить конкурентные преимущества, связанные с инновационным развитием, а также своевременно реагировать на изменяющиеся требования рынка, приспосабливаться к внешним условиям путем определения возможных потребностей рынка и оценки своих внутренних возможностей для соотношения их с выявленными требованиями в долгосрочном периоде.

Исходя из этого, можно определить основные задачи внедрения системы контроллинга на предприятиях агропромышленного комплекса:

- повышение качества управления организационными подразделениями;
- организация эффективной системы прогнозирования;
- оптимизация системы бухгалтерского учета;
- обеспечение четкого планирования и анализа деятельности;
- создание мотивационной системы персонала для

повышения эффективности работы предприятия в целом;

- создание и применение новых методов контроля, учета и управления.

Контроллинг – это комплексная структура, существующая внутри предприятия, состоящая из самостоятельных компонентов, каждый из которых имеет свое предназначение и самостоятельное существование, но вместе они составляют невидимую основу, дающую предприятию, как остов, уверенность в правильном принятии управленческих решений.

При этом, основные функции управления, такие как планирование, контроль, анализ и учёт являются не только составными частями контроллинга, но и еще представляют собой инструментальные области и организационные механизмы. Функция контроллинга на предприятии реализуется на основе информации полученной из этих областей и механизмов.

Контроллинг объединяет учет, контроль, планирование и анализ в единую самоуправляемую систему. В данной системе должны быть четко определены стратегические и тактические цели предприятия, основные принципы управления

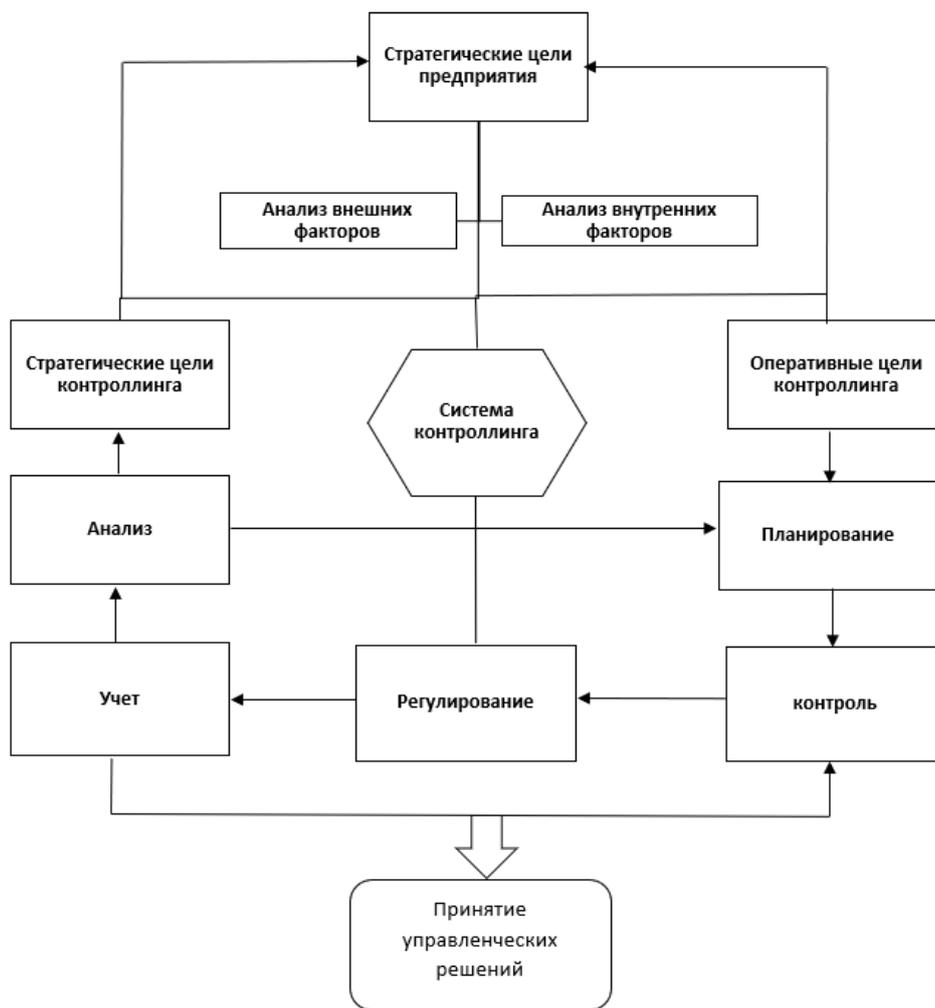


Рисунок 1 – Место контроллинга в системе управления предприятием

Figure 1 – The place of controlling in the enterprise management system

и способы их реализации. Без применения слаженных компонентов этой системы управление агропромышленным предприятием становится обычной борьбой за выживание, а не системной работой, направленной на достижение результата.

Как видно из рисунка 1, стратегические цели деятельности предприятия будут базироваться с учетом внешних и внутренних факторов на данных стратегического и оперативного контроллинга.

Цель любого предприятия, а тем более агропромышленного – повышение собственной конкурентоспособности. На наш взгляд именно контроллинг путем своей стратегии, выстроенной на предприятии, определяет те ступени контроля и управления, которые нужно пройти предприятию на пути к намеченной цели.

Но не только для достижения цели необходим контроллинг. Он так же несет важную функцию по текущему управлению происходящими процессами. Оперативные цели контроллинга заключаются в оптимизации затрат, управлении прибылью и своевременном принятии соответствующих решений. Принятие решений постоянно требуется от управленческого персонала, но, как показывает практика, большинство текущих решений принимается исходя из условий ограниченности ресурсов, а не из поставленных задач. Поэтому, стратегический и оперативный контроллинг является необходимым инструментом управления, обеспечивающим обоснованные решения как в текущей деятельности, так и на перспективу, что является важным фактором повышения эффективности.

Применение контроллинга и всех его элементов для эффективного управления на предприятиях АПК обеспечит оперативный контроль затрат в корреляции с качеством технологических процессов и своевременным определением

отклонений и причин их вызвавших. Это позволит оптимизировать ресурсы и повысить конкурентоспособность предприятия.

Выводы

В современном мире, характеризующемся ограниченностью финансовых ресурсов, экономическими санкциями и нестабильностью отрасли и спроса в целом, предприятия АПК для того, чтобы остаться на рынке и иметь возможность для дальнейшего развития, должны преуспеть в выявлении внутренних резервов. Внутренние резервы предприятия раскрываются только при качественно построенном учете, целенаправленном планировании, интеграции предприятия в окружающую среду и высокоэффективном контроле. Применяемые методы принятия решений предприятиями АПК по ряду внешних факторов не позволяют достичь желаемых результатов. Внутренние противоречия и принципы деятельности руководителей различного уровня и стейкхолдеров требуют качественного пересмотра существующей практики применяемых подходов к управлению предприятиями АПК. Внедрение контроллинга на предприятиях агропромышленного комплекса обеспечит повышение эффективности управления предприятием на основе:

- повышения качества и сбалансированности управленческих решений;
- создания базы данных для аналитической работы;
- оценки бизнес-процессов и функциональных единиц.

Все это повлияет на показатели эффективности деятельности и долговременной устойчивости предприятия.

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов

Список литературы

1. Контроллинг в бизнесе. Методологические и практические основы построения контроллинга в организациях / А. М. Карминский, Н. И. Оленев, А. Г. Примак [и др.]. – М. : Финансы и статистика, 2003. – 258 с.
2. Ивашкевич, В. Б. Стратегический контроллинг / В. Б. Ивашкевич. – М. : Магистр, 2013. – 212 с.
3. Хан, Д. Планирование и контроль: концепция контроллинга / Д. Хан. – М. : Финансы и статистика, 1997. – 800 с.
4. Манн, Р. Контроллинг для начинающих. Система управления прибылью / Р. Манн, Э. Майер; пер. с нем. Ю. Г. Жукова; под ред. и с предисл. В. Б. Ивашкевича. – М. : Финансы и статистика, 2006. – 300 с.
5. Дайле, А. Практика контроллинга / А. Дайле; под ред. и с предисл. М. Л. Лукашевича, Е. Н. Тихоненковой; пер. с нем. – М. : Финансы и статистика, 2005. – 334 с.
6. Контроллинг как инструмент управления предприятием / Е. А. Ананькина, С. В. Данилочкин, Н. Г. Данилочкина [и др.]. – М. : ЮНИТИ, 2015. – 279 с.
7. Вебер, Ю. Введение в контроллинг / Ю. Вебер, У. Шеффер; пер. с нем. Фалько С. Г., Маликова С. Г., Баев Г. О. – М. : Объединение контроллеров, 2014. – 416 с.
8. Формирование контроллинга на предприятиях пищевой и химической промышленности: монография / В. П. Воронин, И. М. Подмолодина, Е. М. Коновалова [и др.]. – Воронеж : Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2018. – 122 с.
9. Анискин, Ю. П. Планирование и контроллинг / Ю. П. Анискин, А. М. Павлова. – М. : Омега-Л, 2005. – 280 с.
10. Фрайберг, Ф. Финансовый контроллинг. Концепция финансовой стабильности фирмы / Ф. Фрайберг // Финансовая газета. – 2000. – № 44. – 13 с.
11. Фалько, С. Г. Контроллинг: современное состояние и перспективы / С. Г. Фалько // Российское предпринимательство. – 2001. – Т. 1, № 13. – С. 96–101.

12. Калинина, Н. М. Типология объекта исследования в теории интегрированного контроллинга / Н. М. Калинина // Вестник Томского государственного университета. Экономика. – 2015. – Т. 30, № 2. – С. 69–77. DOI: <https://doi.org/10.17223/19988648/30/7>.
13. Шигаев, А. И. Контроллинг стратегии развития предприятия / А. И. Шигаев. – М. : ЮНИТИ, 2015. – 351 с.
14. Нечехина, Н. С. Теоретико-методологические положения организации системы контроллинга / Н. С. Нечехина, В. М. Шарапова, В. Н. Шеметов // Известия Уральского государственного экономического университета. – 2011. – Т. 33, № 1. – С. 22–28.
15. Левкин, Г. Г. Контроллинг и управление логистическими рисками: учебно-методическое пособие / Г. Г. Левкин. – Москва – Берлин : Директ-Медиа, 2015. – 58 с.
16. Ларионов, В. В. Контроллинг персонала в экономике и управлении наукоемких производств / В. В. Ларионов. – Москва : Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2014. – 216 с.
17. Барулин, С. В. Налоговый контроллинг: учебник / С. В. Барулин, Е. В. Барулина. – М. : Русайнс, 2016. – 168 с. DOI: <https://doi.org/10.15216/978-5-4365-0631-9>.
18. Казакова, Н. А. Финансовый контроллинг в холдингах: монография / Н. А. Казакова, Е. А. Хлевная, А. А. Ангеловская. – М. : ИНФРА-М, 2016. – 247 с.
19. Барулина, Е. В. Управление стоимостью компании: финансовый контроллинг, менеджмент, информационно-сервисное обеспечение / Е. В. Барулина, С. В. Барулин. – М. : Русайнс, 2016. – 256 с. DOI: <https://doi.org/10.15216/978-5-4365-0663-0>.

References

1. Karminskiy A.M., Olenev N.I., Primak A.G., and Fal'ko S.G. *Kontrolling v biznese. Metodologicheskie i prakticheskie osnovy postroeniya kontrollinga v organizatsiyakh* [Controlling in business. Methodological and practical bases of controlling in enterprises]. Moscow: Finance and Statistics Publ., 2003. 258 p. (In Russ.).
2. Ivashkevich V.B. *Strategicheskij kontrolling* [Strategic controlling]. Moscow: Master Publ., 2013. 212 p. (In Russ.).
3. Khan D. *Planirovanie i kontrol': kontseptsiya kontrollinga* [Planning and control: the concept of controlling]. Moscow: Finance and Statistics Publ., 1997. 800 p. (In Russ.).
4. Mann R. and Mayer E. *Controlling fur Einsteiger*. Freiburg im Breisgau, 1992. (Russ. ed.: Ivashkevich V.B. *Kontrolling dlya nachinayushchikh. Sistema upravleniya pribly'yu*. Moscow: Finance and Statistics Publ., 2006. 300 p.).
5. Deyhle A. *Controller – Praxis*. Offenburg: Verlag für ControllingWissen Publ., 1999. 399 p. (Russ. ed.: Lukashevicha M.L. and Tikhonenkovoy E.N. *Praktika kontrollinga*. Moscow: Finance and Statistics Publ., 2005. 334 p.).
6. Anan'kina E.A., Danilochkin S.V., Danilochkina N.G., et al. *Kontrolling kak instrument upravleniya predpriyatiem* [Controlling as a tool for enterprise management]. Moscow: UNITY Publ., 2015. 279 p. (In Russ.).
7. Weber J. and Schäffer U. *Einführung in das Controlling*. Schäffer-Poeschel Publ., 2011. 548 p. (Russ. ed.: Falco S.G., Malikova S.G., and Baev G.O. *Vvedenie v controlling*. Moscow: Controllers Publ., 2014. 416 p.).
8. Voronin V.P., Podmolodina I.M., Konovalova E.M., and Titova E.A. *Formirovanie kontrollinga na predpriyatiyakh pishchevoy i khimicheskoy promyshlennosti* [Formation of controlling at the enterprises of the food and chemical industry]. Voronezh: Voronezh State University of Engineering Technologies Publ., 2018. 122 p. (In Russ.).
9. Aniskin Yu.P. and Pavlova A.M. *Planirovanie i controlling* [Planning and controlling]. Moscow: Omega-L Publ., 2005. 280 p. (In Russ.).
10. Frayberg F. *Finansovyy kontrolling. Kontseptsiya finansovoy stabil'nosti firmy* [Financial controlling. The concept of financial stability of the company]. *Finansovaya gazeta* [Financial newspaper], 2000, no. 44, pp. 13. (In Russ.).
11. Fal'ko S.G. *Kontrolling: sovremennoe sostoyanie i perspektivy* [Controlling: current state and prospects]. *Russian Journal of Entrepreneurship*, 2001, vol. 1, no. 13, pp. 96–101. (In Russ.).
12. Kalinina N.M. A typology of the research object in the integrated controlling theory. *Tomsk State University Journal of Economics*, 2015, vol. 30, no. 2, pp. 69–77. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.17223/19988648/30/7>.
13. Shigaev A.I. *Kontrolling strategii razvitiya predpriyatiya* [Controlling enterprise development strategy]. Moscow: UNITY Publ., 2015. 351 p. (In Russ.).
14. Necheukhina N.S., Sharapova V.M., and Shemetov V.N. Theoretical-Methodological Concepts for Organization of Controlling System. *Journal of the Ural State University of Economics*, 2011, vol. 33, no. 1, pp. 22–28. (In Russ.).
15. Levkin G.G. *Kontrolling i upravlenie logisticheskimi riskami: uchebno-metodicheskoe posobie* [Logistics risk controlling and management: Manual]. Moscow – Berlin: Direct Media Publ., 2015. 58 p. (In Russ.).
16. Larionov V.V. *Kontrolling personala v ehkonomike i upravlenii naukoemkikh proizvodstv* [Staff controlling in the economy and management of high-tech industries]. Moscow: “Dashkov and Co” Publ., 2014. 216 p. (In Russ.).
17. Barulin S.V. and Barulina E.V. *Nalogovyy kontrolling: uchebnik* [Tax controlling: textbook]. Moscow: Rusains Publ., 2016. 168 c. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.15216/978-5-4365-0631-9>.
18. Kazakova N.A., Khlevnaya E.A., and Angelovskaya A.A. *Finansovyy kontrolling v kholdingakh* [Financial controlling in holdings]. Moscow: INFRA-M Publ., 2016. 247 p. (In Russ.).

19. Barulina E.V. and Barulin S.V. *Upravlenie stoimost'yu kompanii: finansovyy kontrolling, menedzhment, informatsionno-servisnoe obespechenie* [Management of the company's value: financial controlling, management, information, and service provision]. Moscow: Rusains Publ., 2016. 256 p. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.15216/978-5-4365-0663-0>.

Жидкова Елена Анатольевна

канд. экон. наук, доцент, заведующий кафедры бухгалтерского учета, анализа, аудита и налогообложения, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650056, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (3842) 39-68-45, e-mail: 291154@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-7658-0254>

Elena A. Zhidkova

Cand.Sci.(Econ.), Associate Professor, Head of the Department of Accounting, Analysis, Audit and Taxation, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-45, e-mail: 291154@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-7658-0254>

Особенности разработки программы НАССР на пищеблоках в учреждениях здравоохранения

И. И. Бадмаева^{1,*}, О. В. Гамкова¹, И. В. Мищенко²

¹ ФГБОУ ВО «Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления»,
670013, Россия, г. Улан-Удэ, ул. Ключевская, 40В

² ГБУЗ «Республиканский клинический противотуберкулезный диспансер имени Г. Д. Дугаровой»,
670004, Россия, г. Улан-Удэ, ул. Батожабая, 10

Дата поступления в редакцию: 07.12.2018
Дата принятия в печать: 28.12.2018

*e-mail: bi75@mail.ru



© И. И. Бадмаева, О. В. Гамкова, И. В. Мищенко, 2018

Аннотация. Туберкулез в настоящее время имеет широкое распространение, как в России, так и в республике Бурятия. По данным Министерства здравоохранения Республики Бурятия по заболеваемости туберкулезом регион занимает 8 место (2017 г.) в Сибирской федеральном округе после Республики Тыва, Иркутской, Новосибирской, Кемеровской областей, Алтайского края, Омской области и Красноярского края и 18 место среди субъектов России. По данным ВОЗ, туберкулез остаётся одной из 10 ведущих причин смерти в мире. Опасность болезни характеризуется поражением различных органов, достаточно легким способом заражения, длительным периодом лечения. Для эффективного лечения данного заболевания требуется интенсивное лечение как медикаментозное, так и в обеспечении усиленным питанием. Выполнением последнего условия занимаются пищеблоку специализированных учреждений здравоохранения. В данной работе представлен опыт организации производства кулинарной продукции на пищеблоке лечебного учреждения «Республиканского клинического противотуберкулезного диспансера» (РКПТД). Изучена организация производства кулинарной продукции такого пищеблока с учетом обеспечения услуги питания определенного контингента. Определены критические контрольные точки технологического этапа производства с учетом существующих рисков возникновения опасных факторов и предельно допустимых значений. Были разработаны элементы программы НАССР в виде карт или блок-схем каждого этапа технологического процесса производства кулинарной продукции на пищеблоке и мероприятия по предупреждению критических точек и рисков. Выполненная работа позволяет составить программу менеджмента качества на основе принципов НАССР для пищеблока лечебного учреждения «Республиканского клинического противотуберкулезного диспансера».

Ключевые слова. НАССР, система менеджмента качества, пищеблоков, учреждение здравоохранения

Для цитирования: Бадмаева, И. И. Особенности разработки программы НАССР на пищеблоках в учреждениях здравоохранения / И. И. Бадмаева, О. В. Гамкова, И. В. Мищенко // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 4. – С. 147–156. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-4-147-156>.

Original article

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

Specifics of the HACCP Program at Nutrition Departments on Health Institutions

I.I.Badmaeva^{1,*}, O.V. Gamkova¹, I.V. Mishchenkov²

¹ East Siberian State University
of Technology and Management,
40V, Klyuchevskaya Str., Ulan-Ude, 670013, Russia

² State budget institution Healthcare
“G.D. Dugarova Republican Clinical
TB dispensary”,
10, Batuzhabaya Str., Ulan-Ude, 670004, Russia

Received: December 07, 2018
Accepted: December 28, 2018

*e-mail: bi75@mail.ru



© I.I.Badmaeva, O.V. Gamkova, I.V. Mishchenkov, 2018

Abstract. Tuberculosis remains a widespread social disease, both in Russia and in the Republic of Buryatia. According to the Ministry of Health of the Republic of Buryatia, the region ranked 8th according to tuberculosis morbidity in 2017 in the Siberian

Federal district. It was preceded by the Republic of Tuva, Irkutsk, Novosibirsk, Kemerovo regions, Altai territory, Omsk region, and Krasnoyarsk region. The Republic ranked 18th among all the federal entities of the Russian Federation. Tuberculosis remains one of the top 10 mortality factors in the world. The disease affects various organs, a fairly easy mode of infection, and a long treatment period. Therefore, it requires an intensive medical treatment and a high-calorie diet provided by nutrition departments of medical institutions. The present paper features the experience of nutrition departments of the Republican Clinical Tuberculosis Dispensary, i.e. the aspect of food production for a certain population group. The research defines the critical control points of the technological stage of production, taking into account the existing risks and maximum permissible values. The authors developed some elements of the HACCP program in the form of maps and block diagrams of each stage of the technological process. The research results make it possible to create a quality management program based on the principles of HACCP fat nutrition department of the Republican Clinical Tuberculosis Dispensary.

Keywords. HACCP, quality management system, kitchen, health care institution

For citation: Badmaeva I.I., Gamkova O.V, and Mishchenkov I.V. Specifics of the HACCP program at Nutrition Departments on Health Institutions. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2018, vol. 48, no. 4, pp. 147–156. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-4-147-156>.

Введение

На сегодняшний день медицинские организации используют комплексные методы лечения, которые включают в себя: лекарственную терапию, лечебное питание, физиотерапевтические процедуры, лечебную физкультуру и т. д. Диетическое питание является главным методом лечения при первичных болезнях недостаточного и избыточного питания, дисфункциях усвоения отдельных пищевых нутриентов, как правило, при кишечных ферментопатиях. Лечебное питание может быть одним из основных методов комплексного лечения при заболеваниях органов пищеварения, при заболеваниях почек, ожирении, сахарном диабете 2 типа, метаболическом синдроме, пищевой аллергии и т. д. В некоторых случаях диетотерапия синергизирует другие виды терапии, предупреждая прогрессирование и осложнения заболеваний: при сахарном диабете 1 типа, ишемической болезни сердца, подагре, ряде заболеваний печени, почечнокаменной болезни и др. При туберкулезе, инфекционных заболеваниях, ожогах, после хирургических вмешательств диетотерапия способствует повышению иммунного статуса человека, восстановлению поврежденных тканей и органов, форсированию выздоровления, предотвращению перехода болезни в хроническую форму. Правильно назначенная диетотерапия повышает эффективность лекарственной терапии и позволяет снизить побочные действия на организм медикаментов.

Стоит отметить, что в условиях нахождения больных на стационарном лечении учреждение здравоохранения берет на себя обязательства по обеспечению полноценным питанием. Для выполнения данных условий во всех медицинских организациях имеются пищеблока, приготовление кулинарной продукции в которых осуществляется на принципах диетологии, т. е. с учетом заболевания. Приготовление кулинарной продукции в данном случае подвергается особому контролю как со стороны специалистов (начальников пищеблоков, заведующих производством, шеф-поваров) общественного питания, так и со стороны медицинских работников (диетических сестёр, врачей).

Учитывая контингент питающихся и особые условия пребывания их в медицинском учреждении, особое внимание заслуживает производственная инфраструктура кулинарной продукции в плане безопасности и обеспечения соответствующего качества, применяя современные подходы.

В настоящее время эффективным способом контроля безопасности пищевых производств является применение принципов HACCP, признанных на международном уровне, в основе которых предусмотрено определение и контроль критических контрольных точек, управление рисками на всех этапах технологического процесса, влияющих на безопасность производимой кулинарной продукции.

Целью данной работы является определение критических точек с учетом существующих рисков возникновения опасных факторов связанных со спецификой производства кулинарной продукции на пищеблоках учреждений здравоохранения.

Объекты и методы исследования

Объектами исследований являлся пищеблок, как производственное подразделение по выпуску кулинарной продукции в учреждении здравоохранения, специализирующееся на лечении определенного контингента, имеющего отклонения здоровья.

Результаты и их обсуждение

Главная цель пищеблоков медицинских организаций на сегодняшний момент не только соблюдать принципы и методы лечебного питания, но и обеспечить безопасность лечебного питания зачастую многочисленного контингента. Поэтому крайне важно в современных условиях сформировать (внедрить) систему менеджмента качества на принципах HACCP, обеспечивающую безопасность производимого ассортимента блюд и кулинарных изделий.

Этап 1. Изучение деятельности пищеблока.

На первоначальном этапе была изучена административная и производственная деятельность пищеблока. Схема управления приведена на рис. 1.

Непосредственное руководство пищеблоком осуществляет руководитель службы питания

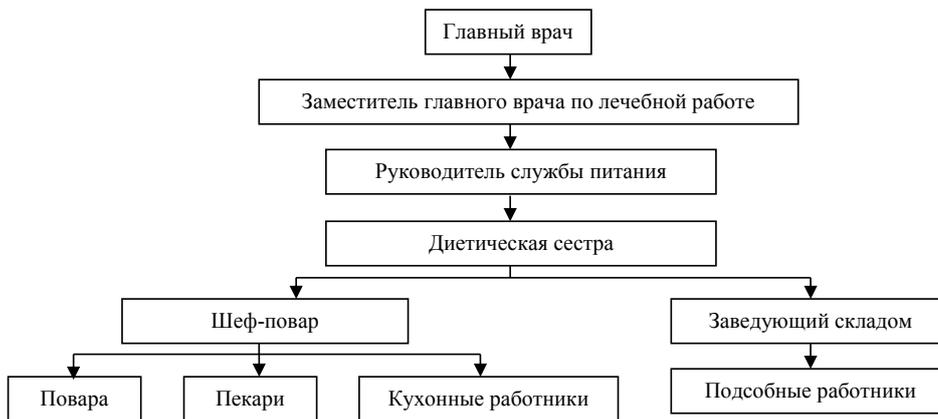


Рисунок 1 – Схема управления пищеблоком
 Figure 1 – Control scheme of the food processing unit

диспансера. Он осуществляет руководство производственно-хозяйственной деятельностью пищеблока. Корректирует действия всего коллектива на обеспечение цикличного производства всей продукции изготавливаемой на предприятии. Также руководитель пищеблока проводит работу по совершенствованию технологических процессов, эффективной эксплуатации техники и ее модернизации, повышению квалификации производственных работников для улучшения качества выпускаемых блюд и кулинарных изделий.

Данное структурное подразделение медицинской организации расположено в отдельно стоящем здании на территории диспансера. На сегодняшний день пищеблок Республиканского клинического противотуберкулезного диспансера является единственным в России где внедрена система заказного меню и таблет-питания, отвечающая требованиям высокобелковой диеты при туберкулезе. Практика показала эффективность и рациональность системы заказного индивидуального меню. Система индивидуального питания максимально соответствует принципам лечебного питания. На первый план выходит значительное повышение качества жизни в связи с диетотерапией и длительным пребыванием в стационаре. Для этой цели в каждом отделении установлены сенсорные информационные киоски, посредством которых больные могут быстро заказать на пищеблок блюда, которые требуется приготовить. Больной при помощи смарт-карты, на которую записаны его личные данные, его размещение в отделении, номер палаты и сопутствующие заболевания, идентифицирует себя в системе посредством бесконтактного картридера сенсорного терминала. Больной выбирает дату на которую нужно заказать меню и в выплывающем окне терминала появляются варианты блюд, из которых он может выбрать подходящее для себя меню. Медицинская сестра по диетпитанию на своем рабочем месте, которое соединено по локальной сети с сервером, формирует отчет о

сделанных заказах и приступает к выписке меню, согласно полученным данным. После выписки меню медицинская сестра по диетпитанию распечатывает на принтере термоэтикетки на клеящей основе на сделанные заказы и передает их на кухню. Термоэтикетки, на которых указаны шифр больного, наименование блюда, срок годности блюда, наклеиваются на одноразовые контейнеры, в которые будут расфасованы блюда, и контейнеры поступают на раздачу. После порционирования контейнеры запаиваются пленкой, укладываются в транспортировочные термоконтейнеры и доставляются в отделения. В отделении одноразовые контейнеры с блюдами раскладываются в шоу-бокс по ячейкам больных, согласно шифру указанному на этикетке, откуда больные могут их взять самостоятельно.

Таблет-питание позволяет затрагивать гигиенические и эстетические аспекты питания. Система таблет-питания позволяет не только улучшить качество питания, но и сохранить полезные свойства продуктов. Технология исключает контакт с пищей третьих лиц, исключает контаминацию лечебного питания. При переходе на таблет-питание отпадает необходимость приобретения столовой посуды, а также моющих средств и дезинфектантов для её санобработки.

В РКПТД существуют современные технологии с применением продуктов, повышающих нутриентную плотность («фортификацию») блюд лечебного питания при помощи смесей белковых композитных сухих, что, с одной стороны, способствует улучшению показателей пищевого статуса больных, а, с другой стороны, позволяет оптимизировать расходы, связанные с питанием больных. Составлена картотека блюд лечебного питания оптимизированного состава. Продолжаются традиции обогащения блюд лечебного питания клетчаткой, зернами и семенами злаковых.

В составе пищеблока имеется складское хозяйство, производственные цеха и отдел комплектования рационов. Хранение пищевых продуктов осуществляется в неохлаждаемых

складах и холодильных камерах. Производство кулинарной продукции осуществляется в заготовочных (овощной и мясо-рыбный), доготовочных (горячий и холодный) и специализированном (мучном) цехах.

Ещё одним важным этапом в оптимизации организации питания больных в РКПТД явилась технологическая модернизация пищеблока в 2014 году с заменой устаревшего оборудования на современное энергоресурсосберегающее производственное оборудование: камеры шоковой заморозки, пароконвектомат, индукционные плиты, электросковороды, вакуумизатор, куттер. Использование установленного морозильного оборудования позволило сократить период возможного развития патогенных микроорганизмов к минимуму, вследствие более быстрого замораживания, а также сохранность в пищевых продуктах структурных свойств за счет быстрого процесса кристаллообразования льда. Тепловое оборудование дает возможность проводить щадящую тепловую обработку продуктов питания, сохраняя более полно нутриенты в готовых блюдах, приготавливая одновременно в одной рабочей камере различные по происхождению (мясо, рыба, овощи) сочетания продуктов. На основе готовых блюд при помощи куттера производятся однородные массы, используемые для зондового питания. Стоит отметить, что данное оборудование, кроме сокращения расходов на коммунальные услуги, имеет автоматическую систему контроля поддержания температур, продолжительности тепловой обработки и не требует постоянного внимания и контроля персонала, исключая человеческий фактор нарушения условий хранения или проведения теплового технологического процесса.

В дальнейшей работе разрабатывались принципы НАССР в следующей последовательности.

Этап 2. Формирование рабочей группы НАССР. Руководство диспансера на совете по питанию определило политику в области безопасности пищевой продукции, основанные на принципы НАССР, назначила рабочую группу НАССР, которая несет ответственность за разработку, функционирование и прохождение дальнейших внутренних и внешних аудитов, а ее члены обладают достаточными знаниями и опытом в области менеджмента качества безопасности пищевых продуктов, использования технологического оборудования и контрольно-измерительных приборов, а также нормативно-технической документации. Для данного предприятия принято решение о составе группы, в которую были включены:

- координатор – начальник службы питания – утверждает функции и задачи рабочей группы, распределяет обязанности среди членов группы, несет полную ответственность за разработку и внедрение программы НАССР на предприятии;
- технический секретарь – диетическая сестра

Таблица 1 – Перечень укрупненных групп блюд, изготавливаемых (реализуемых) в РКПТД

Table 1 – List of extended food groups at the Republican Clinical Tuberculosis Dispensary

№ п/п	Наименование	Количество видов
1	Холодные блюда и закуски, в том числе бутерброды	51
2	Молоко и кисло/молочные продукты	5
3	Супы	58
4	2 горячие блюда	96
5	Каши и гарниры	29
6	Сладкие блюда	43
7	Напитки (горячие, холодные)	32
8	Мучные кондитерские и булочные изделия (собственного производства)	41
9	Прочие (хлеб, фрукты, конфеты и т. д.)	39

пищеблока диспансера – ответственный за организацию и проведение заседаний рабочей группы, документирование протоколов, оповещение членов рабочей группы.

Этап 3. Описание продукта и анализ опасностей. Предприятия общественного питания, в отличие от предприятий пищевой промышленности, отличаются расширенным ассортиментом продукции из небольшого перечня пищевого сырья. Пищеблоки лечебных учреждений имеют отличительную особенность в разнообразии меню по диет-столам и дням недели в течение 10 дней. В результате затруднительно для каждого наименования блюда составлять карту описания продукта. Поэтому рабочей группой принято решение сгруппировать кулинарную продукцию по ассортиментному перечню продукции общественного питания, которые состоят из холодных блюд и закусок, супов, вторых горячих блюд, мучных блюд, каш и гарниров, напитков и сладких блюд. Перечень укрупненных групп кулинарной продукции приведен в таблице 1.

Непосредственные потребители данной кулинарной продукции, производимой пищеблоком, – больные, находящиеся в период лечения в тубдиспансере. В лечебном питании разработана диета, которая направлена на обеспечение повышенным содержанием пищевых веществ, для повышения защитных функций организма, способствующая нормализации обмена веществ и восстановлению пораженных тканей и функций организма. На пищеблоке разработаны рационы 10-дневного меню, учитывающие физиологические потребности больного организма, рекомендуемый набор продуктов и обеспечивающие разнообразие не только по пищевому сырью, но и по видам тепловой обработки.

По собранной информации рабочая группа провела анализ и составила маршрутные карты укрупненных групп кулинарной продукции в виде блок-схем, позволяющая оценить каждую отдельную технологическую операцию и



Рисунок 2 – Блок-схема технологического процесса приготовления вторых блюд

Figure 2 – Block diagram of the technological process for main courses

производственный процесс приготовления в целом. Применение технологической маршрутной карты позволяет обеспечивать полный учет возможных рисков, а их опасность объективно оценена. В ней представляются все этапы процесса, находящиеся под контролем, и, кроме того, можно включить несколько этапов, предшествующих процессам на данном предприятии и завершаемых на нем.

Пример блок-схемы производства вторых блюд представлен на рисунке 2.

Для локального подтверждения рабочей группой был проведен поконтрольный обход производства по технологической маршрутной карте для подтверждения проводимых операций технологического процесса производства укрупненной группы кулинарной продукции. При необходимости внесены корректировки в маршрутные карты.

Этап 4. Определение потенциальных рисков на каждой стадии с разработками методов контроля. Рабочая группа, исходя из практического опыта и технологии приготовления той или иной группы кулинарной продукции, определяет перечень ожидаемых рисков, которые могут возникнуть на каждой стадии технологического процесса, начиная с первичной обработки пищевого сырья, приготовления полуфабрикатов, блюд, а также их упаковки, хранения и транспортировки в отделения диспансера.

Ожидаемые риски по технологии производства кулинарной продукции бывают химические, физические и биологические. Химические опасные

факторы включают в себя группу из ненамеренно попавших в пищу химикатов (пестициды, гербициды, моющие и дезинфицирующие вещества и т. п.); естественно возникающие факторы риска (афлотоксины); намеренно добавляемые в пищу химикаты (консерванты, кислоты, пищевые добавки и т. п.). Физические опасные факторы, попавшие в пищевой продукт, способны вызвать заболевание или нанести повреждения человеку (стекло, металл, пластик и т. п.). Биологически опасный фактор – это живые микроорганизмы, которые могут сделать пищу небезопасной для употребления (бактерии, паразиты, вирусы).

Рабочая группа НАССР определила предупреждающие действия для устранения или снижения риска до его допустимых значений (табл. 2). Вероятность реализации опасного фактора производится по диаграмме анализа рисков [1].

Этап 5. Анализ рисков. Руководствуясь блок-схемой и анализом проведенных локальных подтверждений маршрутной карты по каждому потенциальному фактору, проводится анализ рисков с определением степени вероятности появления и значимости его последствия, а также определяется перечень факторов, по которым риски могут превысить допустимый уровень. Данный анализ опасных рисков пищеблока диспансера приведен в таблице 3.

В результате анализа возникновения опасных факторов на технологических этапах производства кулинарной продукции выявлены возможные риски возникновения некоторых факторов,

Таблица 2 – Предупреждающие действия

Table 2 – Preventive measures

Технологический этап	Выявленный риск	Предупреждающие действия
Прием сырья и продуктов	Приемка сырья не соответствующего заявленного качества, нарушение целостности упаковки, недоброкачественность сырья	Проверка наличия сопроводительных документов на сырье (сертификат, справки, накладные), проверка сроков годности, органолептическая оценка упаковки, продукции.
Хранение сырья и продуктов	Нарушение сроков хранения Нарушение температурного режима Нарушение целостности упаковки	Соблюдение и ведение журнала температурного режима Соблюдение и ведение журнала влажностных показателей Отслеживание сроков годности Замена упаковки
Первичная обработка продуктов	Несоблюдение технологических процессов Нарушение санитарных правил обработки оборудования, инвентаря и личной гигиены	Строгое соблюдение технологических процессов Соблюдение санитарных правил обработки оборудования, инвентаря, личной гигиены
Формирование и приготовление полуфабрикатов	Несоблюдение технологических процессов Нарушение санитарных правил обработки оборудования, инвентаря и личной гигиены	Строгое соблюдение технологических процессов Соблюдение санитарных правил обработки оборудования, инвентаря, личной гигиены
Термическая обработка полуфабрикатов	Несоблюдение температурного режима, времени термической обработки	Строгое соблюдение технологических процессов при температурной обработке. Соблюдение санитарных правил обработки оборудования, инвентаря, личной гигиены
Порционирование блюд на линии «таблет-питания»	Нарушение санитарных правил обработки оборудования, инвентаря и личной гигиены Нарушение весовых значений при порционировании/	Соблюдение санитарных правил обработки оборудования, инвентаря, личной гигиены. Проверка весового оборудования, контроль за техническим состоянием весового оборудования
Экспедиция готовых блюд	Нарушение правил транспортировки готовых блюд и изделий. Не соблюдение временных промежутков при экспедиции готовых блюд	Строгое соблюдение санитарных правил экспедиции Контроль за временем экспедиции готовых блюд и изделий
Санитарная обработка производственных помещений	Нарушение санитарных правил обработки оборудования, инвентаря производственных помещений	Соблюдение санитарных правил обработки оборудования, инвентаря, производственных помещений

имеющих высокую значимость, в частности биологический фактор на этапе хранения пищевого сырья. На всех этапах выявлено наличие опасного фактора химической природы, связанного либо с пищевой ценностью сырья, следовательно, и рациона, либо с применением химических веществ в технологическом процессе. Понижение пищевой ценности кулинарной продукции может происходить за счет чрезмерного разрушения нутриентов в процессе длительной тепловой обработки. В результате удовлетворение физиологических потребностей больных происходит не в полной мере, что затрудняет процесс выздоровления. Другим вариантом химической опасности является возможное выявление дезинфицирующих средств в остаточных количествах на пищевых продуктах, оборудовании или инвентаре. Биологический фактор опасности связан с развитием микрофлоры, появление которой возможно при отклонении условий производства или наличии возможного обсеменения кулинарной продукции. Физический фактор опасности рассматривается как наличие посторонних включений в виде ингредиентов, не предусмотренных рецептурой. Стоит отметить, что все виды опасности не допустимы для кулинарной продукции лечебного питания. Вероятность

появления определяется человеческим фактором, а тяжесть последствия определяется влиянием на состояние здоровья больных.

С целью выявления уровня подготовки производственного персонала рабочей группой было проведено его анкетирование. Результаты показали, что 96 % опрошенных обладают достаточно-высоким уровнем знаний по санитарно-эпидемиологическим правилам производства пищевой продукции, личной гигиене и технологии приготовления блюд и кулинарных изделий. Весь персонал пищеблока прошел обучение по санитарному минимуму, у всех имеется действующий медицинский осмотр.

Кроме того, предприятие имеет должностные инструкции на каждого сотрудника и рабочие инструкции для каждого рабочего места. Ведутся журналы и документация о состоянии здоровья персонала, бракераж готовых блюд, температурный режим холодильного оборудования и т.д.

Этап 6. Определение критических контрольных точек (ККТ). В результате всего технологического процесса приготовления кулинарной продукции могут быть определены несколько ККТ. Возможно применение контроля по одному и тому же риску на различных ККТ. Проведя анализ каждого опасного фактора в отдельности, применяя метод «Древо

Таблица 3 – Анализ возникновения опасных факторов на технологических этапах производства кулинарной продукции

Table 3 – Analysis of hazardous factors at the technological stages of food production

Наименование операции	Вид опасного фактора	Значимость	Характеристика	Вероятность появления	Тяжесть последствий	Предельное значение
Разработка меню (рациона)	Химический	да	Энергетическая ценность рациона	*	*	3000–3500
Прием и хранение поступающего сырья на пищеблок	Биологический	да	Развитие микрофлоры	***	****	не допустимо
	Химический	нет	Влага	*	*	не допустимо
Первичная обработка сырых продуктов и приготовление полуфабрикатов	Биологический	да	Развитие микрофлоры	**	***	не допустимо
	Химический	да	Наличие патогенной микрофлоры или остатки дезинфицирующих средств на пищевых продуктах (яиц), оборудовании, инвентаре	**	**	не допустимо
Термическая обработка полуфабрикатов и приготовление блюд	Физический	да	Посторонние включения	*	*	не допустимо
	Биологический	да	Развитие микрофлоры	*	*	не допустимо
	Химический	да	Понижение пищевой ценности	***	***	не допустимо
Комплектование-порционирование готовых блюд и изделий «таблет-питание»	Физический	нет	Длительная продолжительность тепловой обработки, не соответствие температурного режима	***	***	не допустимо
	Биологический	да	Развитие микрофлоры	**	***	не допустимо
Экспедиция готовых блюд и изделий в боксах	Химический	да	Выделение опасных веществ (при использовании не соответствующей тары)	**	****	не допустимо
	Физический	нет	Посторонние включения	*	*	не допустимо
	Биологический	да	Развитие микрофлоры	***	****	не допустимо
Экспедиция готовых блюд и изделий в боксах	Химический	да	Понижение пищевой ценности	***	***	не допустимо
	Физический	да	Посторонние включения	*	*	не допустимо

Примечание: Вероятность появления опасного фактора: * – вероятность равна нулю; ** – незначительная; *** – значительная; **** – высокая Тяжесть последствий для человека, после употребления опасной продукции: * – легкая тяжесть, ** – средняя тяжесть, *** – тяжелые последствия.

принятия решений» [1] для укрупненной группы.

Были определены следующие ККТ:

- разработка рациона (меню) с учетом физиологических потребностей больного;
- приемка поступающего пищевого сырья по качеству;
- условия хранения пищевого сырья;
- санитарная обработка технологического оборудования и инвентаря;
- соблюдение личной гигиены поваром;
- технологический процесс подготовки сырья, приготовления полуфабрикатов и блюд;
- порционирование, упаковка и транспортирование блюд в отделение.

Рабочей группой был проведен анализ по каждому выявленному опасному риску. Методом «Дерева принятия решений» [1] на общем совещании рабочей группы были определены контрольные критические точки при изготовлении кулинарной продукции.

Для каждой ККТ рабочей группой установлены критические пределы, которые основаны на следующих факторах: время, температура, вес, размер, влажность, уровень консервантов и др.

Этап 7. Мониторинг критических контрольных точек. Рабочей группой НАССР был проведен мониторинг и контроль каждой ККТ с целью

предотвращения не допустимых изменений микробиологического уровня опасности, который не подлежит визуализации и может быть причиной нанесения вреда здоровью. Все результаты документируются в соответствующие журналы (журнал контроля температур в охлаждаемых камерах, журнал гнойничковых заболеваний и т.д.).

Рабочей группой выявлено, что у каждой ККТ присутствует один из критериев безопасности, в ряде случаев их несколько. Критические пределы установлены для каждого этапа технологического процесса приготовления. Критические пределы для рубленых мясных изделий представлен в таблице 4.

На основании выявленных ККТ и установленных допустимых пределов проводился мониторинг с целью удостоверения, что технологический процесс не выходит за рамки допустимых пределов. Документирование системы мониторинга в рабочие листы НАССР позволяет незамедлительно принимать действия по устранению или снижению опасного фактора.

Этап 8. Определение корректирующих действий. На основании разработанной системы мониторинга и контроля предусматриваются мероприятия корректирующего действия с учетом мнения всех сторон производственного процесса,

Таблиц 4 – Критические пределы на рубленые мясные изделия
Table 4 – Critical limits for minced meat products

Процесс/Шаг	ККТ	Критические пределы данной операции
Пищевая ценность мясных изделий	1	Содержание белка $17,5 \pm 0,87 \%$ Энергетическая ценность (не ниже) 231 ккал/100 г
Подготовка сырья	2	Количество отходов $N^* \pm 5 \%$
Приготовление фарша	3	Производственные потери 0–5 %
Формование изделий	4	Масса полуфабрикатов 93 ± 5 г
Жарение	5	Температура 140–150 °С, продолжительность – 20–25 мин (до образования корочки на поверхности при смешанном режиме в пароконвектомате)
Порционирование	6	Масса котлет/биточков 75 ± 4 г

* – Количество отходов нормируется для каждого продукта

Таблица 5 – Корректирующие действия на технологических этапах производства кулинарной продукции
Table 5 – Corrective actions at the technological stages of food production

Наименование операции	Вид опасного фактора	Предельное значение	Корректирующие действия
Разработка меню (рациона)	Химический: Энергетическая ценность рациона Пищевая ценность (белок)	3000–3500 ккал Не ниже 17 %	Дополнение рациона кулинарной продукцией, повышающей энергетическую ценность рациона. Введение в состав продукции сухих белковых смесей

которые необходимо предпринять при выявлении критических изменений. Корректирующие действия исполняются производственным персоналом под контролем назначенных ответственных лиц. Пример корректирующего действия при разработке меню приведен в таблице 5.

Этап 9. Установка процедур проверки. Для определения эффективной работы системы НАССР применяются методы, анализ и исследования по верификации и аудита, которые включают отбор проб кулинарной продукции по случайному выбору для проведения исследований на безопасность и доброкачественность.

Внутренняя система проверки проводится сразу после внедрения системы НАССР: апробация и проверка разработанной системы НАССР, оценка ее эффективности, результативности и устойчивости. В ходе проверки инспектируются сырье и готовая кулинарная продукция на определение микробиологических и химико-физических загрязнений, определение уровня безопасности кулинарной продукции при реализации с учетом всех стадий программы и корректирующих мероприятий.

Выводы

В результате проведенной работы определены характерные особенности производства кулинарной продукции в следующем: использование определенного набора пищевых продуктов для приготовления блюд, исключение из

рациона пряных специй и приправ, применение различных способов щажения (механического, термического, химического), порционирование и доставка большим блюд в индивидуальной одноразовой упаковке, изготовление блюд-пюре для зондового питания. Учитывая специфику пищевого производства кулинарной продукции на специализированном предприятии, обеспечивающим услугой питания определенный контингент, характеризующийся нарушением здоровья, проведен анализ рационов питания с учетом периода лечения больных, разработаны элементы программы НАССР для пищеблока, функционирующего при лечебном учреждении.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование

Данные исследований выполнены как часть работы авторов.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение «Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления».

Государственное бюджетное учреждение здравоохранения «Республиканский клинический противотуберкулезный диспансер имени Г. Д. Дугаровой».

Список литературы

- ГОСТ Р 51705.1-2001. Системы качества. Управление качеством пищевых продуктов на основе принципов ХАССП. Общие требования. – М.: Издательство стандартов, 2001.
- МР 5.1.0098-14 Методические подходы к организации оценки процессов производства (изготовления) пищевой продукции на основе принципов ХАССП. – М.: Издание официальное, 2015. – 35 с.
- Батикян, А. Г. Система управления пищевой безопасности НАССР / А. Г. Батикян, А. А. Агабабян. – Ереван, 2016.

4. Белова, Л. В. О внедрении системы менеджмента безопасности пищевых продуктов в современных условиях / Л. В. Белова, Р. С. Васильев // *Здоровье населения и среда обитания*. – 2014. – Т. 255, № 6. – С. 10–13.
5. Гращенко, Д. В. Современное состояние и совершенствование питания в лечебно-профилактических учреждениях / Д. В. Гращенко, Е. Б. Дворякина, О. В. Чугунова // *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии*. – 2017. – Т. 5, № 1. – С. 90–99. DOI: <https://doi.org/10.14529/food170112>.
6. Донченко, Л. В. Концепция НАССР на малых и средних предприятиях / Л. В. Донченко, Е. А. Ольховатов. – СПб. : Лань, 2018. – 180 с.
7. Дунченко, Н. И. Управление качеством продукции. Пищевая промышленность // Н. И. Дунченко, М. П. Щетинин, В. С. Янковская. – СПб. : Лань, 2018. – 304 с.
8. Кузнецова, О. А. Разработка и внедрение системы ХАССП в соответствии с требованиями ТРТС 021/2011 и ГОСТ Р 51705.1 / О. А. Кузнецова, З. А. Эрчак, К. О. Мельник // *Пищевая промышленность*. – 2016. – № 1. – С. 34–36.
9. Куприянов, А. В. Разработка и внедрение системы управления качеством пищевых продуктов на основе принципов ХАССП / А. В. Куприянов. – Оренбург : Оренбургский государственный университет, 2010. – 44 с.
10. Мейес, Т. Эффективное внедрение НАССР: учимся на опыте других / Т. Мейес, С. Мертмор; пер. с англ. В. Широкова. – СПб. : Профессия, 2005. – 288 с.
11. Мортмор, С. НАССР. Практические рекомендации / С. Мортмор, К. Уоллес. – СПб. : Профессия, 2014. – 520 с.
12. Николаева, М. А. Факторы здорового питания / М. А. Николаева, О. Д. Худякова / *Товаровед продовольственных товаров*. – 2012. – № 1.
13. Погожева, А. В. Вопросы организации лечебного и профилактического питания в медицинских учреждениях / А. В. Погожева // *Вопросы питания*. – 2018. – S5. – С. 111–112. DOI: <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2018-10206>.
14. Попова, А. Ю. Внедрение принципов ХАССП на предприятии производства бортового питания / А. Ю. Попова, Г. М. Трухина, О. М. Микаилова // *Гигиена и санитария*. – 2016. – Т. 95, № 11. – С. 1083–1086. DOI: <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2016-95-11-1083-1086>.
15. Прокопенко, С. Т. Факторы, определяющие качество пищевой продукции / С. Т. Прокопенко, М. И. Дмитриченко, М. А. Еремина // *Технико-технологические проблемы сервиса*. – 2012. – Т. 21, № 3. – С. 81–85.
16. Рензьева, Т. В. Основы технического регулирования качества пищевой продукции. Стандартизация, метрология, оценка соответствия / Т. В. Рензьева. – СПб. : Лань, 2018. – 360 с.
17. Сафонова, Э. Э. Гигиена питания. Основы организации лечебного (диетического) питания / Э. Э. Сафонова, Е. П. Линич, В. В. Быченкова. – СПб. : Лань, 2018. – 180 с.
18. Суханов, Б. П. Актуальные аспекты надзора за диетическим лечебным и профилактическим питанием в медицинских организациях / Б. П. Суханов, М. Г. Керимова, Е. В. Елизарова // *Вопросы питания*. – 2014. – Т. 83, № 1. – С. 12–19.
19. Шумилова, И. Ш. Система НАССР – шаг к гарантии качества и безопасности продукции общественного питания [Электронный ресурс] / И. Ш. Шумилова // *Пищевая промышленность*. – 2009. – № 7. – С. 39–40. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/v/sistema-nassr-shag-k-garantii-kachestva-i-bezopasnosti-produktsii-obschestvennogo-pitaniya>. – Дата обращения: 07.11.2018.
20. Управление качеством: проблемы, исследования, опыт. Сборник научных трудов [Электронный ресурс] / отв. ред. В. К. Федюкин. – СПб. : Санкт-Петербургский государственный инженерно-экономический университет, 2004. – 249 с. – Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25527522>. – Дата обращения: 07.11.2018.
21. НАССР-CONTROL [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.XACCP-control.ru>. – Дата обращения: 07.11.2018.
22. Про ХАССП [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://sootvetstvie-ts.ru/stati/article_post/pro-hassp. – Дата обращения: 07.11.2018.

References

1. *State Standard 51705.1-2001. Quality systems. HACCP principles for food products quality management. General requirements*. Moscow: Standards Publ., 2001.
2. *MR 5.1.0098-14 Metodicheskie podkhody k organizatsii otsenki protsessov proizvodstva (izgotovleniya) pishchevoy produktsii na osnove printsipov KHASSP* [RP 5.1.0098-14 Methodical approaches to the assessment of food production (manufacturing) processes based on the HACCP principles]. Moscow: Official Publ., 2015. 35 p.
3. Batikyan A.G., and Agababyan A.A. *Sistema upravleniya pishchevoy bezopasnosti NASSR* [HACCP Food Safety Management System]. Yerevan, 2016. (In Russ.).
4. Belova L.V. and Vasilyev R.S. On implementation of food safety management system under current conditions. *Population Health and Life Environment*, 2014, vol. 255, no. 6, pp. 10–13. (In Russ.).
5. Graschenkov D.V., Dvoryadkina E.B., and Chugunova O.V. Current status and improvement of nutrition in medical and preventive treatment institutions. *Bulletin of South Ural State University. Series: Food and Biotechnology*, 2017, vol. 5, no. 1, pp. 90–99. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.14529/food170112>.
6. Donchenko L.V. and Olkhovtov E.A. *Kontseptsiya NASSR na malykh i srednikh predpriyatiyakh* [The concept of HACCP in small and medium-sized enterprises: a tutorial]. St. Petersburg: Lan Publ., 2018. 180 p. (In Russ.).
7. Dunchenko N.I., Shchetinin M.P., and Yankovskaya V.S. *Upravlenie kachestvom produktsii. Pishchevaya promyshlennost'* [Product quality management. Food Industry]. St. Petersburg: Lan Publ., 2018. 304 p. (In Russ.).

8. Kuznetcova O.A., Yrchak Z.A., and Melnik K.O. Development and Implementation of HACCP System in Accordance with the Requirements of TR CU 021/2011 and GOST R 51705.1. *Food processing industry*, 2016, no. 1, pp. 34–36. (In Russ.).
9. Kupriyanov A.V. *Razrabotka i vnedrenie sistemy upravleniya kachestvom pishchevykh produktov na osnove printsipov KHASSP* [Development and implementation of food quality management system based on the principles of HACCP]. Orenburg: Orenburg State University Publ., 2010. 44 p. (In Russ.).
10. Meyes T. and Mertimor S. *Making the Most of HACCP: Learning from Others' Experience*. Woodhead Publ., 2001. 304 p. (Russ ed.: Meyes T. and Mertimor S. *Ehffektivnoe vnedrenie NASSR: uchimsya na opyte drugikh*. St. Petersburg: Professiya Publ., 2005. 288 p.).
11. Mortimore S. and Wallace C. HACCP. A Practical Approach. Springer US Publ., 2013. 475 p. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-5028-3>. (Russ ed.: Mortimore S. and Wallace C. *HACCP. Prakticheskie rekomendatsii*. St. Petersburg: Professiya Publ., 2014. 520 p.).
12. Nikolaeva M.A. and Khudyakova O.D. Faktory zdorovogo pitaniya [Factors of healthy nutrition]. *Goods Manager of Food Products*, 2012, no. 1. (In Russ.).
13. Pogozheva A.V. Voprosy organizatsii lechebnogo i profilakticheskogo pitaniya v meditsinskikh uchrezhdeniyakh [Issues of therapeutic and preventive nutrition in medical institutions]. *Problems of Nutrition*, 2018, no. S5, pp. 111–112. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2018-10206>.
14. Popova A.Yu., Trukhina Galina M., and Mikailova O.M. Introduction of hazard analysis and critical control points (HACCP) principles at the flight catering food production plant. *Hygiene and Sanitation*, 2016, vol. 95, no. 11, pp. 1083–1086. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2016-95-11-1083-1086>.
15. Prokopenko S.T., Dmitrichenko M.I., and Eremina M.A. Faktory, opredelyayushchie kachestvo pishchevoy produktsii [Factors determining the quality of food products]. *Technico-tehnologicheskie problemy servisa*, 2012, vol. 21, no. 3, pp. 81–85. (In Russ.).
16. Renzyaeva T.V. *Osnovy tekhnicheskogo regulirovaniya kachestva pishchevoy produktsii. Standartizatsiya, metrologiya, otsenka sootvetstviya* [Fundamentals of technical regulation of food quality. Standardization, metrology, and conformity assessment]. St. Petersburg: Lan Publ., 2018. 360 p. (In Russ.).
17. Safonova Eh.Eh., Linich E.P., and Bychenkova V.V. *Gigiena pitaniya. Osnovy organizatsii lechebnogo (dieticheskogo) pitaniya* [Food Hygiene. Fundamentals of the organization of therapeutic (dietary) nutrition]. St. Petersburg: Lan Publ., 2018. 180 p. (In Russ.).
18. Sukhanov B.P., Kerimova M.G., and Elizarova E.V. Actual aspects of state control of dietary, clinical and prophylactic nutrition in health care organizations. *Problems of Nutrition*, 2014, vol. 83, no. 1, pp. 12–19. (In Russ.).
19. Shumilova I.Sh. Sistema NASSR – shag k garantii kachestva i bezopasnosti produktsii obshchestvennogo pitaniya [The HACCP system is a step towards guaranteeing the quality and safety of catering products]. *Food processing industry*, 2009, no. 7, pp. 39–40. (In Russ.). Available at: <https://cyberleninka.ru/article/v/sistema-nassr-shag-k-garantii-kachestva-i-bezopasnosti-produktsii-obshchestvennogo-pitaniya>. (accessed 7 November 2018).
20. Fedyukin V.K. *Upravlenie kachestvom: problemy, issledovaniya, opyt. Sbornik nauchnykh trudov* [Quality management: problems, research, and experience. Collection of scientific papers]. St. Petersburg: Saint Petersburg State University of Economics Publ., 2004. 249 p. (In Russ.). Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25527522>. (accessed 7 November 2018).
21. HACCP-CONTROL. Available at: <http://www.XACCP-control.ru>. (accessed 7 November 2018).
22. *Pro KHASSP* [On the HACCP]. Available at: http://sootvetstvie-ts.ru/stati/article_post/pro-hassp. (accessed 7 November 2018).

Бадмаева Ирина Ильинична

канд. техн. наук, доцент кафедры технологии продуктов общественного питания, ФГБОУ ВО «Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления», 670013, Россия, г. Улан-Удэ, ул. Ключевская, 40В, тел.: +7 (3012) 41-72-10, e-mail: bii75@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-7819-9617>

Гамкова Ольга Владимировна

магистрант кафедры технологии продуктов общественного питания, ФГБОУ ВО «Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления», 670013, Россия, г. Улан-Удэ, ул. Ключевская, 40В, тел.: +7 (3012) 41-72-10, e-mail: kiana09@mail.ru

Мищенко Игорь Викторович

начальник службы питания, ГБУЗ «Республиканский клинический противотуберкулезный диспансер им. Г. Д. Дугаровой», 670004, Россия, г. Улан-Удэ, ул. Батожабая, 10, e-mail: megor72@mail.ru

Irina I. Badmaeva

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Department of Food Technology Catering, East Siberian State University of Technology and Management, 40V, Klyuchevskaya Str., Ulan-Ude, 670013, Russia, phone: +7 (3012) 41-72-10, e-mail: bii75@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-7819-9617>

Olga V. Gamkova

Undergraduate of the Department of Food Technology Catering, East Siberian State University of Technology and Management, 40V, Klyuchevskaya Str., Ulan-Ude, 670013, Russia, phone: +7 (3012) 41-72-10, e-mail: kiana09@mail.ru

Igor V. Mishchenkov

Head of Food Service, State budget institution Healthcare “G.D. Dugarova Republican Clinical TB dispensary”, 10, Batuzhabaya Str., Ulan-Ude, 670004, Russia, e-mail: megor72@mail.ru

Особенности формирования кожного покрова памирского экотипа яков северного Таджикистана

А. Р. Мухиддинов¹, А. М. Попов², Р. И. Бобоходжаев^{1,*}, И. О. Шарипов¹,
М. С. Сорочкин²

¹ Худжандский политехнический институт – филиал
Таджикского технического университета имени акад. М. С. Осими,
734042, Таджикистан, г. Худжанд, ул. Ленина, 226

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

Дата поступления в редакцию: 09.10.2018
Дата принятия в печать: 28.12.2018

*e-mail: rubobochodjaev@mail.ru



© А. Р. Мухиддинов, А. М. Попов, Р. И. Бобоходжаев, И. О. Шарипов, М. С. Сорочкин, 2018

Аннотация. Замечено, что у всех животных масса шкур возрастает равномерно с живой массой тела. В шестимесячном и трехлетнем возрасте абсолютная масса шкур яков почти в два раза превышает аналогичные показатели у крупно рогатого скота (КРС). В шестимесячном возрасте толщина шкур яков во всех топографических точках превышает шкуру КРС почти в два раза. К одно- и трехлетнему возрасту толщина шкур в стандартной точке у указанных животных несколько сравнивается, но для воротка и припольных участков шкур яков продолжает опережать приблизительно на 25–40 %, а площадь шкур КРС всех возрастов превышает площадь шкур яков в среднем от 35 до 40 %. Наиболее оптимальным возрастным периодом съема шкур яков Айнинского района для переработки является период от рождения до 3–4 лет. Повышение возраста животного свыше четырех лет сопровождается относительно низкими выходами шкур по массе. Отмечено, что по равномерности толщины по площади, лучшими шкурами для переработки на кожу нужно считать шкуры яков до трех лет, имеющие наименьшие значения сбежистости. С точки зрения химического состава найдено, что в шкурах яка влаги на 2,0–2,5 % больше, а гольевого вещества меньше на 7,0–18,5 %, чем у шкур КРС. Это связано с созданием определенного запаса воды т. н. «депо влаги» в шкуре животного. Во всех возрастных периодах в припольных участках шкуры яка влаги меньше, а жировых веществ больше приблизительно на 1,5–2,2 %, чем в других топографических участках, что является теплозащитным приспособлением животного к условиям обитания.

Ключевые слова. Кожный покров, яки, крупный рогатый скот, масса, площадь, толщина шкур, равномерность толщины, химический состав

Для цитирования: Особенности формирования кожного покрова памирского экотипа яков северного Таджикистана / А. Р. Мухиддинов, А. М. Попов, Р. И. Бобоходжаев [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 4. – С. 157–164. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-4-157-164>.

Original article

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

The Pamir Yaks of North Tajikistan: Specifics of Hide Formation

A.R. Muhiddinov¹, A.M. Popov², R.I. Bobohojaev^{1,*}, I.O. Sharipov¹, M.S. Sorochkin²

¹ Khujand Politechnical Institute – a branch
M.S. Osimi Tadjik Technical University,
226, Lenin Str., Khujand, 735700, Tadjikistan

² Kemerovo State University,
6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia

Received: October 09, 2019
Accepted: December 28, 2018

*e-mail: rubobochodjaev@mail.ru



© A.R. Muhiddinov, A.M. Popov, R.I. Bobohojaev, I.O. Sharipov, M.S. Sorochkin, 2018

Abstract. In all animals, the hide mass increases together with live body weight. At the age of 6 months and 3 years, the total weight of yak hide is almost two times higher than in other cattle. At 6 months, the thickness of yak hide in all topographical points exceeds that of cowhide by almost two times. By one and three years, the difference in the reference point disappears. However, the neck and the bellous hides of yak remain 25–40% thicker, and the skin area of other breeds of cattle exceeds that of yak at all ages by 35–40%. For the yaks of the Aininks Region, the optimal hide removal period is from birth to 3–4 years. For the animals over 4 years old, the hide yield by weight becomes relatively low. As far as thickness uniformity is concerned, the best skins for leather processing are those obtained from yaks under 3 years old, since they have the lowest degree of slackness. As for the chemical composition, the moisture of yak hide is 2.0–2.5% higher and the hide substance is 7.0–18.5% lower than in cowhide. This is, probably, connected

with a certain reserve of water, or the so-called “depot moisture”, in the skin of the animal. For all age periods, the moisture of the bellous yak hides is lower and fat content is by 1.5–2.2% higher than in other topographical areas. Apparently, this is due to the thermal adaptation of animals to the habitat conditions.

Keywords. Skin, hide, yaks, cattle, weight, area, thickness of skin, thickness uniformity, chemical composition

For citation: Muhiddinov A.R., Popov A.M., Bobochojaev R.I., Sharipov I.O., and Sorochkin M.S. The Pamir Yaks of North Tajikistan: Specifics of Hide Formation. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2018, vol. 48, no. 4, pp. 157–164. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-4-157-164>.

Введение

Як относится к отряду парнокопытных, подсемейству быковых (*Bovinae*) и является самостоятельным видом рода *Bos* (*Poephagus grunniens*). По мнению большинства ученых, домашний як произошел от своего дикого родича (*Poephagus mutus prz*), до сих пор живущего в горах Тибета, откуда он впоследствии расселился по горам Азии [2]. Об этом свидетельствуют, во-первых, краниологические исследования: череп домашних яков похож на черепа особей диких тибетских яков; во-вторых, места распространения домашнего яка, несмотря на удаленность их от Тибета, связаны цепями гор, по которым шло их расселение [3, 5, 12, 18]. Можно полагать, что ареал диких яков в далеком прошлом был более обширен и захватывал горы Куэнь-Лу-ня и северные склоны Гималаев. Постепенно, с расселением человека, яки были вынуждены уходить все выше и выше, занимая более доступные и суровые для них места Тибета и других гор [3, 7, 8, 13].

Время приручения яков точно не установлено. Одни исследователи считают, что як был приручен в историческое время, а другие — в доисторическое. Последнее — более вероятно. Этим можно объяснить высокую способность яков прекрасно себя чувствовать в сложных экстремальных условиях и существовать без вмешательства человека. Это ценное свойство утеряно большинством животных, прирученных в доисторическое или историческое время. Яки обладают рядом ценных биологических особенностей, облегчающих их содержание и разведение. Они отличаются большой холодоустойчивостью, обусловленной развитием у них толстой кожи с сильно развитой подкожной клетчаткой и густой шерстью [14]. Они способствуют понижению теплообмена и сохранению энергии [4, 20]. Яки проявляют исключительную приспособленность к низкокислородному режиму региона, особенно в высокогорной местности. Они имеют более совершенный аппарат для захватывания травы; при более узкой морде у них тонкие подвижные губы. Подвижность губ помогает при срывании травы, которая недоступна для крупного рогатого скота и других видов сельскохозяйственных животных. На пастбищах, особенно зимних, наиболее крупные растения (сухие стебли) обычно менее питательны, чем низкорослые, срываемые яком. Эта способность яков имеет важное значение. Она является результатом биологической приспособленности

к скудной и очень низкой растительности высокогорных пустынь и степей, крутых и каменистых склонов, являющихся естественным ареалом существования яков.

Несмотря на родство и сходство с крупным рогатым скотом (КРС), яки существенно отличаются по экстерьерным особенностям [15, 16]. Для яков характерно наличие горба, образованного за счет удлинения остистых отростков грудных позвонков. Средняя высота горба у ячих около 4 см, у быков несколько больше. Спина большей частью прокислая. Это впечатление усиливается из-за наличия горба. Высота в крестце равна или несколько больше высоте в холке, что говорит о хорошем развитии задних конечностей [9]. Это связано с приспособленностью яков к пастбищу на крутых склонах. Грудь имеет большую глубину. Передние ноги короткие, но, как и задние, толстые и крепкие. Шея короткая. Вымя небольшое, с короткими сосками (2,5–4 см) и покрыто нежным густым волосом. Передние доли вымени развиты слабее задних: индекс вымени составляет только 36,2 %. Шкура толстая и имеет густой волосяной покров [10]. Потовые железы развиты слабее, а подкожная клетчатка — намного сильнее по сравнению с аналогичными структурами родственных животных. Эти характерные особенности, которые присущи только якам, обеспечивают им сохранение тепла, хорошую приспособленность к суровым условиям жизни высоко в горах и дают возможность размножаться при низких температурах. Яки не нуждаются в особом уходе и могут содержаться круглый год под открытым небом. Вместе с тем отмеченные характеристики ограничивают разведение яков в местах, расположенных относительно низко над уровнем моря, с мягким или жарким климатом. Яки обладают крепкой конституцией. С ней связана высокая адаптивность к экстремальным условиям среды обитания.

Масть яков в основном черная. Однако при разбивке 258 подконтрольных животных по масти чисто черных и с небольшими белыми пятнами было 211 голов (82 %), бурых и палевых — 22 головы (9 %), других мастей — 9 % [10,12]. Отличительной особенностью яков является обильный шерстный покров, неоднородный в различных местах туловища. На шее и боках шерсть наиболее короткая и большая часть ее представляет извитые, тонкие волокна пуха, среди которых растут грубые остевые волосы. Брюхо покрыто длинными и

грубыми волосами, образующими бахрому. Такого же типа волосы покрывают наружные стороны ног. Грубые, но значительно более короткие волосы покрывают хребет шеи, спины, затылочную и лобную части головы. Хвост яка, напоминающий хвост лошади, не имеет кисти, свойственной КРС. Длинные волосы растут на всем его протяжении, из-за этого он значительно пышнее, чем у лошади, а волосы часто достигают земли. Настриг шерсти быков-яков трех лет и старше в среднем колеблется от 0,3 до 0,9 кг, бычков двух лет – от 0,4 до 0,5 кг, бычков одного года – от 0,2 до 0,3 кг, ячих трех лет и старше – от 0,2 до 0,6 кг, ячих двух лет – от 0,3 до 0,5 кг. Шерсть яков используется промышленностью в валяльном производстве, а шерсть ячат в суконной промышленности при выработке высококачественных грубых сукон [2, 4, 7, 11].

Известен высокий уровень рентабельности яководства. Он достигает от 134,4 до 240,6 % [1]. В результате эффективной реализации Программы развития яководства в Таджикистане поголовье яков в республике доведено почти до 30 тыс. голов. В настоящее время данное животное уже разводится не только на Памире, но и в Северном Таджикистане – районах Айни и Горной Матчи (около 1790 голов), обладающими большими площадями естественных пастбищ и сенокосных участков.

Эти животные уникальны тем, что они хорошо приспособлены к жизни в высокогорьях. На высоте от трех до шести тысяч метров всегда холодно, воздух сильно разрежен, климат сурово-арктический. Толстая кожа и густой волосяной покров позволяют якам спать на снегу при -50°C , невзирая на постоянные ураганные ветры. Лето и зиму яки проводят под открытым небом и сами себе добывают корм из-под снега. Несмотря на скудную пищу, яки дают превосходное жирное молоко, экологически чистое ячье мясо и шерсть [6, 17, 20].

Мясо яков мелковолокнистое, очень вкусное, а также намного калорийнее и полезнее, чем мясо других домашних животных. Проведенный учеными анализ химического состава показал, что в мясе яков содержится 22,3 % протеина и 6,7 % жира, питательность которых составляет 1449,8 калорий. Польза объясняется тем, что содержание гемоглобина в мышцах яка довольно высокое и по отношению к крупному рогатому скоту составляет от 10,1 до 11,1 %, что обеспечивает кислородом организм яков в высокогорных экстремальных условиях. Это делает мясо яка уникальным продуктом по содержанию биологически легкоусвояемого железа. Кроме того, в крови яка очень много (на 30–40 % больше, чем у животных низкогорья) эритроцитов – носителей кислорода [1, 18].

У яков используются также рога, кости, хвосты, копыта, желчь, железы внутренней секреции и т.д. Например, околопочечный жир яков по лечебным

свойствам равноценен косметическим кремам стоимостью полсотни долларов и выше.

Вместе с этим следует отметить, что яки Северного Таджикистана до настоящего времени учеными в достаточной степени не изучены. Вскрытие закономерностей морфогенеза и адаптивных перестроек органов и систем организма этих уникальных животных к условиям существования является одной из фундаментальных проблем современной биологической науки, поскольку ее решение является основой для разработки полноценных рекомендаций по их содержанию, продуктивному разведению и использованию [2, 19].

Пол и возраст животного оказывают существенное влияние на гистологическое строение и свойства шкур. По гистологическому строению шкуры телят незначительно отличаются от шкур взрослых животных. Так, толщина сетчатого слоя с возрастом животного увеличивается, а толщина сосочкового слоя почти не изменяется. Пучки волокон и волокна дермы шкур телят тоньше, чем волокнистые образования дермы взрослого животного. Волосяной покров телят более густой, но волосы тоньше и нежнее, чем у взрослых животных, поэтому меретья кож из шкур телят гладкая и нежная.

С этой точки зрения немаловажное значение имеют знания по закономерностям роста и развития соматических органов, обеспечивающих благополучие организма. Так, например, изучение роста и развития кожного покрова яков позволяет вскрыть широкий спектр адаптаций системы органов к новым условиям обитания, так как любые изменения в строении дермы служат морфологическим отражением приспособления животных к новой среде [3]. Закономерности формирования и строения дермы шкур яков имеет не только научное, но и прикладное значение. Оно связано с проблемами заготовок и рационального использования кожевенного сырья, расширения ассортимента и улучшения качества выпускаемой из него продукции. При этом, на наш взгляд, должны учитываться возрастные изменения массы, площади, толщины и сбежистости шкур, а также химический состав шкур яков и основных пород крупного рогатого скота Северного Таджикистана.

Объекты и методы исследования

Объектами исследования являлись яки зеравшанского горного массива (хозяйство «Искандеркуль»). Показатели выхода массы шкур яков в зависимости от их живой массы свидетельствуют о том, что наиболее приемлемыми возрастными периодами для дальнейшего промышленного использования являются возраста от рождения до 3–4 лет. В данных возрастах можно получить выход шкур до 10 % (табл. 1).

Представляет интерес сравнение возрастных изменений ряда морфометрических показателей шкур основных пород крупного рогатого скота в

Таблица 1 – Выход шкуры от живой массы тела яков
Table 1 – The yak hide yield vs. the body weight

Возраст животного	Живая масса животного, кг	Масса шкуры, кг	Выход шкуры от массы животного, %
1,5 мес.	57,9 ± 0,25	5,8 ± 0,17	10,0
6 мес.	104,2 ± 0,12	9,78 ± 0,12	9,38
1 год	143,0 ± 0,12	13,2 ± 0,11	9,23
1,5 года	158,3 ± 0,05	14,6 ± 0,05	9,22
3 года	256,7 ± 0,25	25,3 ± 0,29	9,85
6 лет	337,7 ± 1,10	30,7 ± 0,26	9,00
8 лет	355,5 ± 1,13	27,5 ± 0,75	7,73

онтогенезе с таковыми у яков Айнинского района. Для этого нами были дополнительно изучены морфометрические показатели шкур крупного рогатого скота швицезебувидной породы (Ш-З) и чернопестрой породы (Ч-П) в онтогенезе. В качестве показателей были взяты: масса шкуры, площадь, толщина шкуры в стандартной точке, в воротковой части и припольном участке, а также рассчитана сбежистость шкуры (табл. 2).

Массу шкур определяли путем взвешивания каждой шкуры в отдельности с точностью до 0,1 кг по ГОСТ 13104-77. Массу парных шкур определяли в остывшем виде для установления массы консервированных – предварительно отряхивали их от соли и утяжелителей. Определение площади проводили методом суммирования квадратов: шкуру со стороны мездры расчерчивали посередине хребта продольно, и затем поперёк хребтовой линии на квадраты со стороной 1 дм. Измерение толщины шкур проводили по ГОСТ 382–90 толщиномером ТР 25-1001986 № 206 с ценой деления 0,1 мм. Сортировку шкур проводили согласно требованиям ГОСТ 28425-90. При проведении статистических анализов и расчетов был использован программный продукт Статистика 6.0 компании StatSoft. При выполнении менее 30 измерений использовали малую выборку, при $n > 30$ обработку проводили методом интервалов по большой выборке.

Результаты и их обсуждение

Проведённые исследования площади шкур КРС всех возрастов показали, что данный показатель

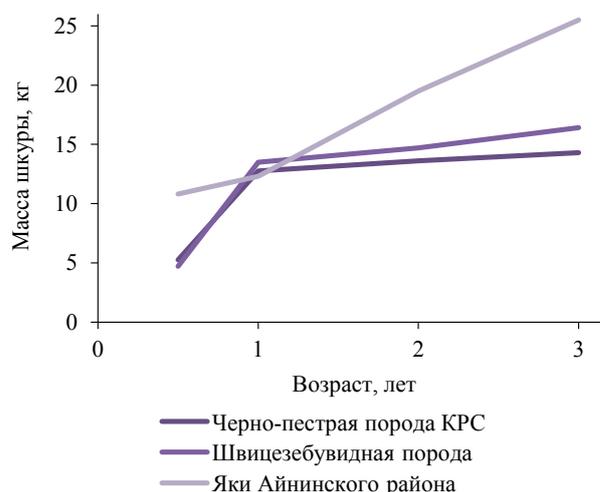


Рисунок 1 – Изменения массы шкур КРС и яков с возрастом

Figure 1 – Age-related changes in the hide mass of cattle and yaks

для шкур КРС превышает показатель для шкур яков в среднем на 35–40 % (табл. 2). Это взаимосвязано с повышенными толщинами ячьих шкур в соответствующих развесах.

Такая мощная толщина шкур яков по всей площади может свидетельствовать о ее развитых слоях, особенно сетчатого слоя и подкожно-жировой клетчатки, что необходимо животным, живущим в экстремальных климатических условиях (высокогорье, низкое давление, минусовая температура).

У яков от шестимесячного возраста до трех лет и у основных пород КРС, почти пропорционально увеличивается масса, а также площадь шкур. Например, к трехлетнему возрасту абсолютная масса шкуры у КРС достигает лишь 15–17 кг, тогда как у яков – 25 кг (рис. 1).

Так, уже в 6-месячном возрасте толщина шкуры яков во всех топографических точках превышает толщину шкур КРС почти в 2 раза. К одно- и трехлетнему возрасту толщина шкур в стандартной точке у сравниваемых животных заметно сближается, но вороток и припольные участки шкур яков продолжают опережать приблизительно на 25–40 %.

С товароведческой точки зрения важно рассматривать не только площадь шкур животных,

Таблица 2 – Морфометрическая характеристика шкур некоторых пород крупного рогатого скота Согдийской области
Table 2 – The morphometric characteristics of the hide of some cattle breeds from Sogdiysk Region

Вид сырья (возраст)	Вид, порода	Масса шкуры, кг	Толщина, мм. (± квадр. отклонение)			Площадь, дм ²	Сбежистость, %
			Ст. точка	Пола	Вороток		
Выросток (6–8 мес)	Ч-П	4,96 ± 1,10	2,80 ± 0,26	2,24 ± 0,01	2,20 ± 0,20	153,3 ± 8,23	21,4
	Ш-З	4,82 ± 0,50	2,42 ± 0,12	1,52 ± 0,12	1,92 ± 0,10	129,5 ± 5,40	37,1
	Яки	9,78 ± 0,12	4,22 ± 0,00	3,16 ± 0,03	3,69 ± 0,02	101,1 ± 4,77	25,1
Бычок (1 год)	Ч-П	13,30 ± 0,34	4,20 ± 0,01	2,88 ± 0,26	3,26 ± 0,18	258,1 ± 16,30	22,4
	Ш-З	13,44 ± 0,40	4,04 ± 0,12	2,80 ± 0,10	2,46 ± 0,08	280,9 ± 12,30	31,4
	Яки	13,20 ± 0,11	4,57 ± 0,00	3,64 ± 0,06	4,13 ± 0,04	148,6 ± 12,10	20,3
Бычина легкая (3 года)	Ч-П	14,88 ± 0,4	4,28 ± 0,06	2,98 ± 0,18	3,22 ± 0,06	282,8 ± 12,60	24,7
	Ш-З	16,80 ± 0,65	4,10 ± 0,35	2,80 ± 0,30	2,52 ± 0,35	290,6 ± 16,80	31,7
	Яки	25,30 ± 0,29	4,74 ± 0,10	3,68 ± 0,09	4,54 ± 0,04	251,3 ± 7,81	22,0

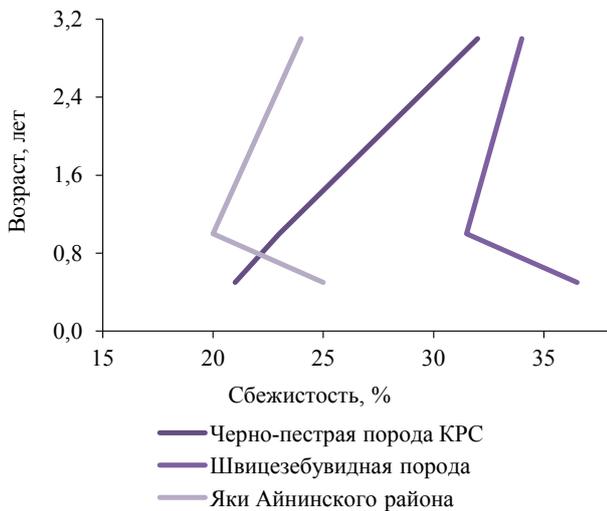


Рисунок 2 – Изменение сбежистости шкур животных с возрастом

Figure 2 – The age-related changes in the slackness of hide

но и характер сбежистости шкур (т. е. изменения толщины шкуры от хребта до полы). Относительно сбежистости картина выглядит следующим образом (рис. 2).

Для шкур яков и швицезебувидной породы КРС наблюдается некоторое уменьшение этого показателя от рождения до однолетнего возраста, а в последующем – его рост. Для яков это может быть связано с относительно высоким темпом роста массы животного до одного года и резким замедлением его в последующие годы.

Темп роста от полугода до одного года у них составляет – 27,14 %, а от года до полутора

Таблица 3 – Некоторые показатели химического состава шкур яков Айнинского района

Table 3 – Some indicators of the chemical composition of the yak hide in the Ayninsk Region

Образец	Зольность, %	Кол-во воды, %	Жировые вещества, %	Гольевое вещество, %
Н.рожд. (пола)	1,19	56,40	0,4	41,71
Н.рожд. (ст. точка)	1,46	59,60	0,3	38,34
3 мес. (пола)	1,51	55,15	0,6	42,45
3 мес. (ст. точка)	1,67	56,05	0,5	41,48
6 мес. (пола)	1,88	55,18	1,1	41,54
6 мес. (ст. точка)	1,95	55,56	1,9	41,29
1 год (пола)	2,02	47,24	1,6	48,84
1 год (ст. точка)	2,44	47,75	1,4	48,11
1,5 года (пола)	2,48	46,04	1,8	49,38
1,5 года (ст. точка)	2,53	46,98	1,5	48,69
3 года (пола)	2,56	46,16	2,2	48,78
3 года (ст. точка)	2,61	46,80	2,0	48,29
6 лет (пола)	3,10	47,10	2,6	46,90
6 лет (ст. точка)	3,25	46,85	2,3	47,30
8 лет (пола)	3,22	46,60	2,9	46,98
8 лет (ст. точка)	3,36	47,18	2,5	46,66
Среднее значение	2,32	50,40	1,6	45,42

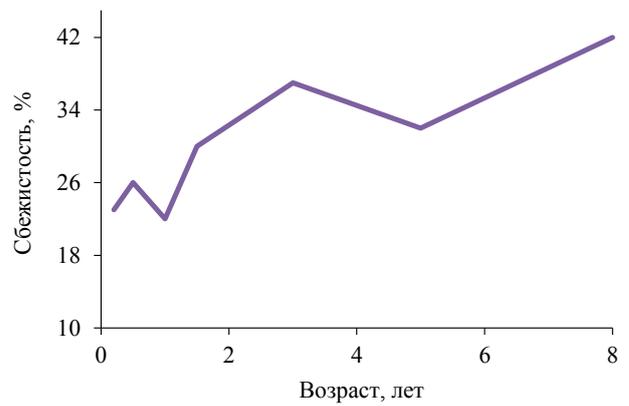


Рисунок 3 – Возрастные изменения сбежистости шкур яков в онтогенезе

Figure 3 – Age-related changes in the slackness of yak hide in ontogenesis

лет – 9,16 %, что почти в три раза медленней предыдущего периода.

С точки зрения толщин к переработке в кожевенном производстве можно рекомендовать все рассматриваемые шкуры животных. Однако с позиций равномерности толщин по площади (сбежистости) лучшими являются все же шкуры яков, имеющие наименьшие отклонения толщин по площади (рис. 3).

Вместе с морфометрическими измерениями нами была проведена оценка некоторых показателей химического состава шкур яков (табл. 3). Данные исследования показали, что нарастание массы минеральных веществ (зольности) происходит равномерно с возрастом. Абсолютная масса минеральных веществ (зольность) ячьих шкур находится в пределах 1,2–3,4 % от массы сухого вещества шкуры. Различия по содержанию золы в различных топографических участках (стандартная точка – пола) составляет около 10–12 %. Для шкур крупного рогатого скота известно содержание минеральных веществ – 1,7–2,8 % от массы сухого вещества. Средние значения зольности шкур КРС (2,15 %) и шкур яков (2,32 %) незначительно различаются друг от друга.

Основной составной частью кожи является гольевое вещество. Под этим названием подразумевают белковые вещества, перешедшие в кожу из шкуры. Содержание гольевого вещества в коже определяют по методу Кьельдаля.

Выводы

Содержание воды в шкурах яков с возрастом (от рождения до восьми лет) уменьшается на 15–18 % (от 59,6 до 46 %). У КРС содержание воды с возрастом также уменьшается на 18 % (но по абсолютной величине – от 49 до 40 %). Содержание жировых веществ в ячьих шкурах, по сравнению со шкурами крупного рогатого скота, также меньше и составляет в возрастных периодах 0,4–2,9 % (у КРС – 2,1–3,9 %).

Среднее значение гольевого вещества (белок) в шкурах яков – 45,42 %, что на 7,5–18,5 % ниже,

чем у КРС – 53–64 %. Также меньше почти на 1 % в шкуре яков (в отличие от подкожно-жировой клетчатки) содержание жиров (у КРС 2,15 %, у яков 1,6 %). В среднем содержание воды в ячьих шкурах – 50,4 %, что несколько выше (на 2,0–2,5 %), чем в шкурах КРС (около 48 % от массы шкуры).

При этом замечено, что во всех возрастных периодах в припольных участках ячьей шкуры влаги меньше, а жировых веществ больше на

1,5–2,2 % относительно других топографических участков. Это может свидетельствовать о теплозащитной приспособленности животного к условиям обитания, когда приходится лежать прямо на снегу.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Список литературы

1. Паденко, А. С. Яководство важный резерв производства мяса / А. С. Паденко. – Душанбе : Таджик. ИНТИ, 1973. – 20с.
2. Коимдодов, К. Хозяйственно-биологические особенности роста и развития памирского экотипа яков в онтогенезе: автореф. дисс. канд. с.-х. наук: 06.02.04 / Коимдодов Козидавлат. – Душанбе, 1977. – 23 с.
3. Филлипс, Р. Разведение сельскохозяйственных животных в неблагоприятных климатических условиях / Р. Филлипс. – М. : Иниздат, 1954. – 160 с.
4. Мухиддинов, А. Р. Особенности роста и морфологии скелета яков / А. Р. Мухиддинов // *Аграрная наука*. – 1994. – № 5. – С. 45.
5. Микроструктура и товарно-технологические качества кожи крупного рогатого скота разного происхождения / Н. Б. Захаров, Л. С. Козлова, И. Е. Козлов [и др.] // *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. – 2008. – Т. 191, № 11. – С. 127–131.
6. Захаров, Н. Б. Мясная продуктивность и качество кожевенного сырья крупного рогатого скота Западной Сибири: автореф. дис. доктора с.-х. наук: 06.02.04/06.02.01 / Захаров Николай Борисович. – Новосибирск, 2004. – 39 с.
7. Иргашев, Т. А. Гематологические показатели бычков разных генотипов в горных условиях Таджикистана / Т. А. Иргашев, В. И. Косилов // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. – 2014. – Т. 45, № 1. – С. 89–91.
8. Косилов, В. И. Эффективность двух-трехпородного скрещивания скота / В. И. Косилов, С. И. Мироненко // *Молочное и мясное скотоводство*. – 2005. – № 1. – С. 11–12.
9. Заднепрятский, И. П. Скрещивание и гибридизация в мясном скотоводстве / И. П. Заднепрятский, В. И. Косилов, А. А. Салихов // *Животноводство России*. – 1987. – № 8. – С. 19.
10. Клинические и гематологические показатели черно-пестрого скота разных генотипов и яков в горных условиях Таджикистана / В. И. Косилов, Т. А. Иргашев, Б. К. Шабунова [и др.] // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. – 2015. – Т. 51, № 1. – С. 112–115.
11. Кыдырмаев, А. К. Инструкция по бонитировке яков, разводимых в Кыргызской Республике / А. К. Кыдырмаев, М. К. Касмалиев, В. Я. Вассова. – Бишкек : МСХ Кыргызской Ресублики, 2010. – 12 с.
12. Касмалиев, М. К. Ветеринарно-санитарная и гигиеническая оценка мяса, молока и молочных продуктов разных генотипов яков / М. К. Касмалиев, М. Б. Айтматов, Р. Т. Бегалиев. – Бишкек, 2011. – 16 с.
13. Борисенко, Е. Я. Вопросы племенной работы в связи с интенсификацией животноводства / Е. Я. Борисенко, К. В. Баранова // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. – 1967. – № 2. – С. 76–79.
14. Черткиев, Ш. Ч. Характеристика кожевенного сырья и шерстная продуктивность яков Киргизии / Ш. Ч. Черткиев // *Повышение продуктивности крупного рогатого скота Киргизии*. – Фрунзе, 1988. – С. 51–55.
15. Воспроизводительная функция чистопородных и помесных маток / В. И. Косилов, С. И. Мироненко, Е. А. Никонова [и др.] // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. – 2012. – Т. 37, № 5. – С. 83–85.
16. Антонова, В. С. Методология научных исследований в животноводстве / В. С. Антонова, Г. М. Топурия, В. И. Косилов. – Оренбург : Издательский центр ОГАУ, 2011. – 246 с.
17. Карасев, П. А. Морфологический состав и некоторые физико-химические свойства здоровых яков / П. А. Карасев // *Казань : Казанская Государственная Академия Ветеринарной Медицины имени Н. Э. Баумана*, 1939. – Т. 51, № 1. – С. 82–100.
18. Карасев, П. А. Морфологический состав и некоторые физико-химические свойства крови здоровых яков / П. А. Карасев. – Фрунзе : Киргосиздат, 1940. – С. 37–39.
19. Аров, И. М. Картина красной крови у яков Памира / И. М. Аров // *Сообщ. Тадж. фил. АН СССР*, 1950. – С. 31–34.
20. Васильев, К. А. Морфофункциональная характеристика онтогенеза яка по периодам развития / К. А. Васильев. – Улан-Удэ : Бурятское книжное издательство, 1991. – С. 30–46.

References

1. Padenko A.S. *Yakovodstvo vazhnyy rezerv proizvodstva myasa* [Yak breeding as an important reserve of meat production]. Dushanbe: Tadjik. INTI Publ., 1973. 20 p. (In Russ.).

2. Koimdodov K. *Khozyaystvenno-biologicheskie osobennosti rosta i razvitiya pamirskogo ehkotipa yakov v ontogeneze. Avtoref. diss. dokt. sel'skokhoz. nauk* [Economic and biological features of growth and development of the Pamir ecotype of yaks in ontogenesis. Dr. agricultural sci. diss.]. Dushanbe, 1997, 23 p.
3. Fillips R. *Razvedenie sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh v neblagopriyatnykh klimaticheskikh usloviyakh* [Breeding farm animals in adverse climatic conditions]. Moscow: Inizdat Publ., 1954. 160 p. (In Russ.).
4. Mukhiddinov A.R. Osobennosti rosta i morfologii skeleta yakov [Growth and morphology characteristics of the yak skeleton]. *Agrarian science*, 1994, no. 5, pp. 45. (In Russ.).
5. Zakharov N.B., Kozlova L.S., Kozlov I.E., and Makuta V.N. Microstructure and commercial-technological qualities of cattle-hide of various origins. *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2008, vol. 191, no. 1, pp. 127–131. (In Russ.).
6. Zakharov N.B. *Myasnaya produktivnost' i kachestvo kozhevennogo syr'ya krupnogo rogatogo skota Zapadnoy Sibiri. Avtoref. diss. dokt. sel'skokhoz. nauk* [Meat productivity and quality of leather raw materials of cattle in Western Siberia. Dr. agricultural sci. diss.]. Novosibirsk, 2004, 39 p.
7. Irgashev T.A. and Kosilov V.I. Hematological parameters of steers with different genotypes kept under different highland conditions of Tadzhikistan. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*, 2014, vol. 45, no. 1, pp. 89–91. (In Russ.).
8. Kosilov V.I. and Mironenko S.I. Ehffektivnost' dvukh-trekhporodnogo skreshchivaniya skota [Efficiency of two- and three-way crossing of cattle]. *Journal of Dairy and Beef Cattle Farming*, 2005, no. 1, pp. 11–12. (In Russ.).
9. Zadnepryanskiy I.P., Kosilov V.I., and Salikhov A.A. Skreshchivanie i gibrizatsiya v myasnom skotovodstve [Crossing and hybridization in beef cattle]. *Zhivotnovodstvo Rossii* [Animal Husbandry of Russia], 1987, no. 8, pp. 19. (In Russ.).
10. Kosilov V.I., Irgashev T.A., Shabunova B.K., and Akhmedov D. Clinical and hematological parameters of black-spotted cattle of different genotypes and yaks under the mountainous conditions of Tadzhikistan. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*, 2015, vol. 51, no. 1, pp. 112–115. (In Russ.).
11. Kydyrmaev A.K., Kasmaliev M.K., and Vassova V.Ya. *Instruktsiya po bonitirovke yakov, razvodimyykh v Kyrgyzskoy Respublike* [Procedures for the yak grading in the Kyrgyz Republic]. Bishkek: Ministry of Agriculture of the Kyrgyz Republic Publ., 2010. 12 p. (In Russ.).
12. Kasmaliev M.K., Aytmatov M.B., and Begaliev R.T. *Veterinarno-sanitarnaya i gigienicheskaya otsenka myasa, moloka i molochnykh produktov raznykh genotipov yakov* [Veterinary, sanitary, and hygienic assessment of meat, milk, and dairy products of different genotypes of yaks]. Bishkek, 2011. 16 p. (In Russ.).
13. Borisenko E.Ya. and Baranova K.V. Voprosy plemennoy raboty v svyazi s intensivatsiyey zhivotnovodstva [Issues of breeding in connection with the intensification of animal husbandry]. *Izvestiya Timiryazevskoy sel'skokhozyaystvennoy akademii* [News of the Timiryazev Agricultural Academy], 1967, no. 2, pp. 76–79. (In Russ.).
14. Chertkiev Sh.Ch. Kharakteristika kozhevennogo syr'ya i sherstnaya produktivnost' yakov Kirgizii [Characteristics of leather raw materials and wool productivity of Kyrgyz yaks]. In: *Povyshenie produktivnosti krupnogo rogatogo skota Kirgizii [Increasing the productivity of cattle in Kyrgyzstan]*. Frunze, 1988, pp. 51–55. (In Russ.).
15. Kosilov V.I., Mironenko S.I., Nikonova Ye.A., and Andrienko D.A. Reproductive function of purebred and hybrid dams. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*, 2012, vol. 37, no. 5, pp. 83–85. (In Russ.).
16. Antonova V.S., Topuriya G.M., and Kosilov V.I. *Metodologiya nauchnykh issledovaniy v zhivotnovodstve* [Methodology of research in animal husbandry]. Orenburg: Orenburg State Agrarian University Publ., 2011. 246 p. (In Russ.).
17. Karasev P.A. *Morfologicheskiy sostav i nekotorye fiziko-khimicheskie svoystva zdorovykh yakov* [Morphological composition and some physicochemical properties of healthy yaks]. Kazan: Bauman Kazan State Academy of Veterinary Medicine Publ., 1939, vol. 51, no. 1, pp. 82–100. (In Russ.).
18. Karasev P.A. *Morfologicheskiy sostav i nekotorye fiziko-khimicheskie svoystva krovi zdorovykh yakov* [Morphological composition and some physical and chemical properties of the blood of healthy yaks]. Frunze: Kirgosizdat Publ., 1940. 37–39 p. (In Russ.).
19. Arov I.M. *Kartina krasnoy krovi u yakov Pamira* [Red blood count of the Pamir yaks]. Soobshch. Taj Phil. Academy of Sciences of the USSR Publ., 1950. 31–34 p. (In Russ.).
20. Vasil'ev K.A. *Morfofunktional'naya kharakteristika ontogeneza yaka po periodam razvitiya* [Morphological and functional characteristic of yak ontogenesis according to the period of development]. Ulan-Ude: Buryat Publ., 1991. 30–46 p. (In Russ.).

Анваридин Р. Мухиддинов

д-р биол. наук, профессор, профессор кафедры пищевой продукции и агротехнологии, Худжандский политехнический институт – филиал Таджикского технического университета имени акад. М. С. Осими, 734042, Таджикистан, г. Худжанд, ул. Ленина, 226, тел.: +7 (992) 918-22-69-51, e-mail: anvaridin@mail.ru

Anvaridin R. Muhiddinov

Dr.Sci.(Bio), Professor, Professor of the Department of Food Products and Agricultural Technology, Khujand Polytechnical Institute – a branch M.S. Osimi Tadjik Technical University, 226, Lenin Str., Khujand, 735700, Tadzhikistan, phone: +7 (992) 918-22-69-51, e-mail: anvaridin@mail.ru

Анатолий М. Попов

д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой машин и аппаратов технологических систем, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: + 7 (903) 942-93-57, e-mail: popov4116@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-0728-7211>

Руслан И. Бобоходжаев

канд. хим. наук, доцент, доцент кафедры пищевой продукции и агротехнологии, Худжандский политехнический институт – филиал Таджикского технического университета имени акад. М. С. Осими, 734042, Таджикистан, г. Худжанд, ул. Ленина, 226, тел.: + 7 (992) 927-21-49-94, e-mail: rubobochodjaev@mail.ru

Шарипов Идибой Одилевич

Худжандский политехнический институт – филиал Таджикского технического университета имени акад. М. С. Осими, 734042, Таджикистан, г. Худжанд, ул. Ленина, 226

Михаил С. Сорочкин

канд техн. наук, доцент, доцент кафедры машины и аппараты технологических систем, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: + 7 (903) 909-26-96, e-mail: pmeh@kemsu.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-2887-1396>

Anatoly M. Popov

Dr.Sci.(Eng.), Professor, Head of the Department of Machinery and Equipment of Technological System, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: + 7 (903) 942-93-57, e-mail: popov4116@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-0728-7211>

Ruslan I. Bobochojaev

Cand.Sci.(Cheml), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Food Products and Agricultural Technology, Khujand Politechnical Institute – a branch M.S. Osimi Tadzhih Technical University, 226, Lenin Str., Khujand, 735700, Tadzhihistan, phone: + 7 (992) 927-21-49-94, e-mail: rubobochodjaev@mail.ru

Idiboy O. Sharipov

Khujand Politechnical Institute – a branch M.S. Osimi Tadzhih Technical University, 226, Lenin Str., Khujand, 735700, Tadzhihistan

Mikhail S. Sorochkin

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Machinery and Equipment of Technological System, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: + 7 (903) 909-26-96, e-mail: pmeh@kemsu.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-2887-1396>

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).

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^{1,*}, Л.А. Остроумов¹, О.А. Иванов², О.В. Кригер¹

¹ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт
пищевой промышленности (университет)»,
650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47

²ФГБОУ 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^{1,*}, L.A. Ostroumov¹, O.A. Ivanov², O.V. Kriger¹

¹Kemerovo Institute of Food Science
and Technology (University),
47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia

²Kemerovo 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, подверженные 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 ⁶	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

1. 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.
2. Бабич, О.О. Оптимизация лиофилизации L-фенилаланин-аммоний-лиазы / О.О. Бабич, А.Ю. Просеков // Биомедицинская химия. – 2013. – Т. 59. – № 6. – С. 682–692.
3. 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.
4. 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.
5. ГОСТ 32951-2014. Полуфабрикаты мясные и мясосодержащие. Общие технические условия. – М.: Стандартинформ, 2015. – 20 с.
6. 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.
7. Wioletta Błaszczak, 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

1. Kharitonova I., Prosekov A.Yu., and Shramko M.I. Izuchenie kachestvennykh kharakteristik kontsentratoov laktobakteriy v protseesse 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. Blaszcak 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: olgakrigr58@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: olgakrigr58@mail.ru

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

**ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ
(FOOD PROCESSING: TECHNIQUES AND TECHNOLOGY)
№ 4 (48), 2018**

Ответственный за выпуск *А.И. Лосева*
Литературный редактор *А. Ю. Курникова*
Литературный редактор (англ. язык) *Н. В. Рабкина*
Компьютерная верстка и оформление обложки *М. В. Горбунова*

Учредитель:
Кемеровский государственный университет

Адрес учредителя:
650000, Россия, Кемеровская обл., г. Кемерово, ул. Красная, 6
Кемеровский государственный университет

Подписано в печать
Дата выхода в свет Формат 60×84^{1/8}.
Бумага офсетная. Гарнитура Times New Roman.
Печать офсетная. Усл. п. л. 19,75. Уч.-изд. л. 39,95.
Тираж экз. Заказ № Цена свободная.

Адрес редакции:
650000, Россия, Кемеровская обл., г. Кемерово, ул. Красная, 6

Адрес типографии:
650000, Россия, Кемеровская обл., г. Кемерово, пр. Советский, 73