

Техника и технология пищевых производств

Food Processing: Techniques and Technology



Том 49
Номер 2
2019

ISSN 2074-9414
E-ISSN 2313-1748

Министерство науки и высшего
образования Российской Федерации
Кемеровский государственный
университет

**ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ
ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ**
(FOOD PROCESSING:
TECHNIQUES AND TECHNOLOGY)
№ 2 (49), 2019

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,
тел.: +7 (3842) 58-80-24
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 08.07.2019.
Усл. п. л. 44,35. Уч.-изд. л. 38,84.
Тираж 500 экз.
Цена свободная.

Выходит 4 раза в год

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

Ответственный за выпуск

А. А. Кирякова

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, 2019

16+

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

Главный редактор

А. Ю. Просеков, доктор технических наук, профессор РАН, 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. Бабич, доктор технических наук, доцент, Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта, Калининград, Россия.

Редакционная коллегия:

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

С. М. Бычкова, доктор экономических наук, профессор, Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Пушкин, Россия;

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

Г. Б. Гаврилов, доктор технических наук, 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, 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, Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия;

И. А. Евдокимов, доктор технических наук, профессор, Северо-Кавказский федеральный университет, Ставрополь, Россия;

А. В. Заушищенин, доктор биологических наук, профессор, Кемеровский государственный университет, Кемерово, Россия;

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

Т. А. Краснова, доктор технических наук, профессор, Кемеровский государственный университет, Кемерово, Россия;

В. Г. Лобанов, доктор технических наук, профессор, Кубанский государственный технологический университет, Краснодар, Россия;

Г. О. Магомедов, доктор технических наук, профессор, Воронежский государственный университет инженерных технологий, Воронеж, Россия.

Л. А. Маюрникова, доктор технических наук, профессор, Кемеровский государственный университет, Кемерово, Россия;

Л. А. Остроумов, доктор технических наук, профессор, Кемеровский государственный университет, Кемерово, Россия;

В. М. Позняковский, доктор биологических наук, профессор, Кемеровский государственный сельскохозяйственный институт, Кемерово, Россия;

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

В. Н. Попов, доктор биологических наук, профессор РАН, Воронежский государственный университет инженерных технологий, Воронеж, 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, Научно-исследовательский институт садоводства Сибири имени М.А. Лисавенко – отдел ФГБНУ «Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий», Барнаул, Россия;

В. Д. Харитонов, доктор технических наук, профессор, академик РАН, Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности, Москва, Россия;

В. Н. Хмелев, доктор технических наук, профессор, Бийский технологический институт (филиал) Алтайского государственного технического университета, Бийск, Россия;

А. Г. Храпцов, доктор технических наук, академик РАН, 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>Абдурахманов Э. Ф.</i> Технологическая разработка сохранения пищевой ценности и повышения усвояемости мясных блюд.....	177
<i>Бобренева И. В., Баюми А. А.</i> Возможность использования тигровых орехов в мясных продуктах.....	185
<i>Буховец В. А., Ефимова Д. В., Давыдова Л. В.</i> Разработка технологии производства хлебобулочных изделий повышенной пищевой ценности.....	193
<i>Долматова О. И., Дошина А. В.</i> К вопросу об использовании пищевых волокон в сметанном продукте.....	201
<i>Захарова Л. М., Абушахманова Л. В.</i> Исследование технологических особенностей производства сливочного масла пониженной жирности.....	209
<i>Каширских Е. В., Бабич О. О., Кригер О. В.</i> Технология получения белкового концентрата овса посевного с высокими физико-химическими и функционально-технологическими характеристиками.....	216
<i>Короткий И. А., Плотников И. Б., Мазеева И. А.</i> Современные тенденции в переработке молочной сыворотки.....	227
<i>Пономарева О. И., Борисова Е. В., Прохорчик И. П.</i> Влияние технологических характеристик различных видов сырья на вкус и аромат кислых элей.....	235
<i>Смирнова И. А., Какимов А. К., Жарыкбасов Е. С.</i> Технология переработки молока с применением цеолита.....	245

ГИГИЕНА ПИТАНИЯ

<i>Урубков С. А., Хованская С. С., Смирнов С. О.</i> Перспективы применения амаранта в диетотерапии детей с непереносимостью глутена.....	253
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

БИОТЕХНОЛОГИЯ

<i>Гиро Т. М., Зубов С. С., Яшин А. В., Гиро А. В., Преображенский В. А.</i> Биомодификация коллагенсодержащих субпродуктов методом ферментативного гидролиза.....	262
<i>Терецук Л. В., Старовойтова К. В.</i> Использование ферментной перэтерификации в технологии производства заменителей молочного жира.....	270

СТАНДАРТИЗАЦИЯ, СЕРТИФИКАЦИЯ, КАЧЕСТВО И БЕЗОПАСНОСТЬ

<i>Вебер А. Л., Леонова С. А., Давлетов Ф. А.</i> Фитохимический потенциал и ингибиторная активность новых сортов зернобобовых культур.....	281
<i>Верещагин А. Л., Резниченко И. Ю., Бычин Н. В.</i> Термический анализ в исследовании качества шоколада и кондитерских изделий.....	289
<i>Колпакова В. В., Уланова Р. В., Куликов Д. С., Гулакова В. А., Кадиева А. Т.</i> Зерновые композиты с комплементарным аминокислотным составом для пищевых и кормовых.....	301
<i>Пугачева А. С., Макарова Н. В., Игнатова Д. Ф.</i> Сравнительный анализ химического состава и антиоксидантных свойств кофе растворимого и для кофемашин.....	312
<i>Табаторович А. Н., Резниченко И. Ю.</i> Разработка и оценка качества диабетического желеинового мармелада «Каркаде», обогащенного янтарной кислотой.....	320

ЭКОНОМИКА

<i>Кирюхина А. Н., Григорьева Р. З., Кожевникова А.Ю.</i> Современное состояние и перспективы развития производства хлеба и хлебобулочных изделий в России.....	330
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

ИНФОРМАЦИЯ

Порядок рассмотрения и рецензирования.....	338
Требования к оформлению статьи.....	338

The Ministry of Science
and Higher Education
of the Russian Federation

Kemerovo State University

**FOOD PROCESSING:
TECHNIQUES AND
TECHNOLOGY**
No. 2, Vol. 49, 2019

Scientific Journal
Issued since 1998

Publishing editor
A.A. Kiryakova

Script editor
A.Yu. Kurnikova

Script editor (Eng)
N.V. Rabkina

Layout of journal
M.V. Gorbunova

Issued 4 times a year
ISSN 2074-9414 (Print)
ISSN 2313-1748 (Online)

Founder and publisher:
‘Kemerovo State University’ (KemSU)
6 Krasnaya Str., Kemerovo,
650000, Russia
Phone: +7(3842) 58-80-24
http:fppt.ru
e-mail: fppt98@gmail.com

Printing Office:
73 Sovetskiy Ave., 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 08.07.2019.
Printed sheet 44,35.
Conventional printed sheet 38,84.
Circulation 500 cop.
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
© 2019, KemSU

16+

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

Editor-in-Chief

Alexander Yu. Prosekov, Dr.Sci.(Eng.), Professor of the Russian Academy of Sciences, Kemerovo State University, Kemerovo, Russia.

Deputy Chief Editor

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

Editorial Board

Pavel P. Baranov, Dr.Sci.(Econ.), Associate Professor, Siberian State Industrial University, Novosibirsk, Russia;

Svetlana M. Bychkova, Dr.Sci.(Econ.), Professor, St. Petersburg State Agrarian University, Pushkin, Russia;

Alexander L. Vereshchagin, Dr.Sci.(Chem.), Professor, Biysk Technological Institute, Branch of I.I. Polzunov Altai State Technical University, Biysk, Russia;

Gavriil B. Gavrilov, Dr.Sci.(Eng.), Yaroslavl State Institute of Quality of Raw Materials and Food Products, Yaroslavl, Russia;

Aram G. Galstyan, Dr.Sci.(Eng.), Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, All-Russian Research Institute of Brewing, Nonalcoholic and Wine Industry, Moscow, Russia;

Ivan F. Gorlov, Dr.Sci.(Agr.), Academician of the Russian Academy of Sciences, Povolzhsky Research Institute of Production and Processing of Meat and Dairy Products, Volgograd, Russia;

Galina M. Gritsenko, Dr.Sci.(Econ.), Professor, Siberian Federal Research Center for Agrobiotechnologies, Siberian Research Institute of Agricultural Economics, Barnaul, Russia;

Galina V. Gurinovich, Dr.Sci.(Eng.), Professor, Kemerovo State University, Kemerovo, Russia;

Nina I. Dunchenko, Dr.Sci.(Eng.), Professor, Timiryazev Russian State Agrarian University, Moscow Agricultural Academy, Moscow, Russia;

Ivan A. Evdokimov, Dr.Sci.(Eng.), Professor, North Caucasus Federal University, Stavropol, Russia;

Alexandra V. Zaushintsena, Dr.Sci.(Bio.), Professor, Kemerovo State Agricultural Institute, Kemerovo, Russia;

Victor P. Zotov, Dr.Sci.(Econ.), Professor, Kemerovo State University, Kemerovo, Russia;

Tamara A. Krasnova, Dr.Sci.(Eng.), Professor, Kemerovo State University, Kemerovo, Russia;

Vladimir G. Lobanov, Dr.Sci.(Eng.), Professor, Kuban State Technological University, Krasnodar, Russia;

Gazibeg O. Magomedov, Dr.Sci.(Eng.), Professor, Voronezh State University of Engineering Technology, Voronezh, Russia;

Larisa A. Mayurnikova, Dr.Sci.(Eng.), Professor, Kemerovo State University, Kemerovo, Russia;

Lev A. Ostroumov, Dr.Sci.(Eng.), Professor, Kemerovo State University, Kemerovo, Russia;

Valeriy M. Poznyakovskiy, Dr.Sci.(Bio.), Professor, Kemerovo State Agricultural Institute, Kemerovo, Russia;

Valentina A. Pomezova, Dr.Sci.(Eng.), Professor, Kemerovo State University, Kemerovo, Russia;

Vasily N. Popov, Dr.Sci.(Bio.), Professor of the Russian Academy of Sciences, Voronezh State University of Engineering Technologies, Voronezh, Russia;

Lubov V. Tereshchuk, Dr.Sci.(Eng.), Professor, Kemerovo State University, Kemerovo, Russia;

Sergei L. Tikhonov, Dr.Sci.(Eng.), Professor, Ural State University of Economics, Yekaterinburg, Russia;

Stanislav N. Khabarov, Dr.Sci.(Agr.), Academician of the Russian Academy of Sciences, M.A. Lisavenko Center for Industrial Technologies at the Russian Academy of Agriculture, Barnaul, Russia;

Vladimir D. Kharitonov, Dr.Sci.(Eng.), Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, All-Russian Research Institute of Dairy Industry, Moscow, Russia;

Vladimir N. Khmelev, Dr.Sci.(Eng.), Professor, Biysk Technological Institute, branch of Altai State Technical University, Biysk, Russia;

Andrey G. Khramtsov, Dr.Sci.(Eng.), Academician of the Russian Academy of Sciences, North-Caucasian Federal University, Stavropol, Russia;

Victor G. Shelepov, Dr.Sci.(Agr.), 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>Abdurakhmanov E.F.</i> Technological Solution for Preserving Nutritional Value and Increasing the Digestibility of Meat Dishes.....	177
<i>Bobreneva I.V., Baioumy A.A.</i> Tiger Nut in Meat Products.....	185
<i>Bukhovets V.A., Yefimova D.V., Davydova L.V.</i> New Production Technology for Nutritionally Enhanced Bakery Products.....	193
<i>Dolmatova O.I., Doshina A.V.</i> Dietary Fiber in Sour Cream Products.....	201
<i>Zakharova L.M., Abushahmanova L.V.</i> Low-Fat Butter: Production and Technological Features.....	209
<i>Kashirskih E.V., Babich O.O., Kriger O.V.</i> Production Technology for Oat Protein with Advanced Physicochemical, Functional, and Technological Properties.....	216
<i>Korotkiy I.A., Plotnikov I.B., Mazeeva I.A.</i> Current Trends in Whey Processing.....	227
<i>Ponomareva O.I., Borisova E.V., Prokhorchik I.P.</i> Effect of Technological Characteristics of Various Types of Raw Materials on the Taste and Aroma of Sour Ales.....	235
<i>Smirnova I.A., Kakimov A.K., Zharykbassov E.S.</i> Milk Processing Technology Using Zeolite.....	245

FOOD HYGIENE

<i>Urubkov S.A., Khovanskaya S.S., Smirnov S.O.</i> Amaranth in Diet Therapy of Children with Gluten Intolerance.....	253
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

BIOTECHNOLOGY

<i>Giro T.M., Sybov S.S., Yashin A.V., Giro A.V., Preobrazhensky V.A.</i> Biomodification of Collagen-Containing By-Products by Enzymatic Hydrolysis.....	262
<i>Tereshchuk L.V., Starovoytova K.V.</i> Enzymatic Reetherification in the Production of Butterfat Substitutes.....	270

FOOD STANDARDIZATION, CERTIFICATION, QUALITY AND SAFETY

<i>Veber A.L., Leonov S.A., Davletov F.A.</i> Phytochemical Potential and Inhibitory Properties of New Varieties of Leguminous Plants.....	281
<i>Vereshchagin A.L., Reznichenko I.Yu., Bychin N.V.</i> Thermal Analysis in the Quality Study of Chocolate and Confectionery Products.....	289
<i>Kolpakova V.V., Ulanova R.V., Kulikov D.S., Gulakova V.A., Kadieva A.T.</i> Grain Composites with a Complementary Amino Acid Composition in Food and Fodder.....	301
<i>Pugacheva A.S., Makarova N.V., Ignatova D.F.</i> Chemical Composition and Antioxidant Properties of Instant Coffee and Coffee Capsules: Comparative Analysis.....	312
<i>Tabatorovich A.N., Reznichenko I.Yu.</i> Formulation and Quality Assessment of Diabetic Jelly Marmalade «Karkade» Fortified with Succinic Acid.....	320

ECONOMICS

<i>Kiryukhina A.N., Grigoreva R.Z., Kozhevnikova A.Yu.</i> Bread Production and Bakery Products in Russia: Current State and Prospects.....	330
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

INFORMATION

The procedure for article consideration and review.....	338
Requirements for the article formatting.....	338

Технологическая разработка сохранения пищевой ценности и повышения усвояемости мясных блюд

Э. Ф. Абдурахманов 

ФГБОУ ВО «Военная академия материально-технического обеспечения
имени генерала армии А. В. Хрулева»,
199034, Россия, г Санкт-Петербург, наб. Макарова, 8

Дата поступления в редакцию: 01.04.2019
Дата принятия в печать: 21.06.2019

e-mail: elshan2709@mail.ru



© Э. Ф. Абдурахманов, 2019

Аннотация. Процесс приготовления блюд из скоропортящихся продуктов является важным, но сложным. Огромную роль в технологическом процессе приготовления пищи играет технологическое оборудование, а также профессиональные навыки повара. Для исключения из этого процесса влияния повара необходима разработка новых тепловых аппаратов, обеспечивающих автоматическую кулинарную (тепловую) обработку пищи без участия обслуживающего персонала, а также обеспечивающих интенсификацию процесса и снижение теплопотерь и энергозатрат. Данная задача является актуальной при приготовлении пищи в закрытых (ограниченных) пространствах. Для ее решения были изучены перспективные направления тепловой обработки, проведено сравнение и влияние полей (СВЧ, ультразвукового, инфракрасного) на продукт питания и технологический процесс. В результате анализа было принято решение, что использование режима гриль для тепловой обработки порционных и мелкокусковых полуфабрикатов из нежированного мяса является перспективным. Новизна предложенного камбузного гриль КГ-1 заключается в применении обработки мясных (порционных ($m = 80-120$ г) и мелкокусковых ($m = 30-40$ г)) полуфабрикатов в режиме гриль, а также в нанесении на его внутренние стенки специального отражающего ИК-излучения покрытия, а на внешние – жаропрочного и высокоэффективного кварцевого аэрогеля ХТ (гибкий теплоизоляционный материал). Интенсификация приготовления мясных блюд обеспечивается за счет использования модуля из сборных кварцевых ТЭНов, размещенных на расстоянии 4,5–5 см от продукта питания. Предложенные конструктивные изменения теплового аппарата камбузный гриль КГ-1, в отличие от традиционных устройств, обеспечивает: снижение температуры наружных стенок с 220 °С до 60 °С; потребления электроэнергии на 24–26 %; продолжительности приготовления мясных блюд на 20–25 %; сброс дыма и пара в систему сточных вод, снижая нагрузку на системы очистки (фильтрации) воздуха в подводном положении и вентиляции; сократить тепловые потери в 1,3–1,5 раз; повышение КПД на 16–20 %; расширение функциональных возможностей и ассортимента блюд из мяса с высокими вкусовыми качествами.

Ключевые слова. Камбуз, продовольствие, технология, процесс, обработка, гриль, конвекция, тепловой аппарат

Для цитирования: Абдурахманов, Э. Ф. Технологическая разработка сохранения пищевой ценности и повышения усвояемости мясных блюд / Э. Ф. Абдурахманов // Техника и технология пищевых производств. – 2019. – Т. 49, № 2. – С. 177–184. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-2-177-184>.

Original article

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

Technological Solution for Preserving Nutritional Value and Increasing the Digestibility of Meat Dishes

E.F. Abdurakhmanov 

General A.V. Khrulev Military Academy for Logistics,
8, Makarova Str., St. Petersburg, Russia, 199034

Received: April 01, 2019
Accepted: June 21, 2019

e-mail: elshan2709@mail.ru



© E.F. Abdurakhmanov, 2019

Abstract. Cooking perishable foods is an important and complicated process. Technological equipment plays a huge role in the cooking process, as well as the professional skills of the cook. To exclude the influence of the cook from this process, it is necessary to develop new heating equipment that would provide automatic culinary (heat) food processing without the participation of personnel, as well as intensify the process and reduce heat and energy consumption. This task is especially relevant when cooking in closed (restricted) spaces is concerned. The present research featured perspective directions of heat treatment. The authors compared the effect of microwave, ultrasonic, and infrared fields on the product and the technological process. The analysis proved that the grill mode provided the best option for heat treatment of portioned and small-sized semi-finished products from non-graded meat. Heat treatment of semi-finished products occurs without their contact with any heat transfer surface or coolant. The processing

principle is based on the fact that free water contained in semi-finished products intensively absorbs IR radiation with a wave length of $\lambda=1.0-1.2 \mu\text{m}$, thus heating the inner layers of the food product. The radiation energy converted into heat energy is transferred to the inner layers of the product and reaches its core. Forced convection during the heat treatment in the 'grill' mode intensifies the speed of heating and cooking. Unlike conductive heating, the surface of the product remains open, which lets the layers cool down. This makes it possible to deliver an intense heat flux to the product. The author developed a KG-1 galley grill that can process portioned meat (80–120 g) and small-sized semi-finished products (30–40 g) in the grill mode. The internal walls are coated with a special stuff that reflects IR-radiation, while the external walls are covered with a heat-resistant and highly efficient quartz aerogel, which is a flexible thermal insulation material. A set of prefabricated quartz heaters are located at a distance of 4.5–5 cm from the food product, which intensifies the cooking process. The proposed structural changes decreased the temperature of the outer walls from 220°C to 60°C; lowered electricity consumption by 24–26%; shortened the cooking time by 20–25%; reduced the discharge of smoke and steam into the sewage system; improved filtering and ventilation; reduced heat losses by 1.3–1.5; increased efficiency by 16–20%; expanded the functionality and assortment of high quality meat dishes.

Keywords. Galley, food, technology, process, processing, grill, convection, heat apparatus

For citation: Abdurakhmanov EF. Technological Solution for Preserving Nutritional Value and Increasing the Digestibility of Meat Dishes. Food Processing: Techniques and Technology. 2019;49(2):177–184. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-2-177-184>.

Введение

В целях реализации государственных программ РФ «Развитие науки и технологий» на 2013–2020 годы, «Развитие оборонно-промышленного комплекса», стратегии развития морской деятельности РФ до 2030 года, а также развития системы материально-технического обеспечения военнослужащих, в частности продовольственного обеспечения, необходима разработка перспективных технических и технологических разработок, обеспечивающих повышение эффективности технологического оборудования и технологических процессов приготовления пищи в закрытых (ограниченных) пространствах подводной лодки [1–4]. Анализ исследований показал, что работы в данном направлении ведутся, но по своим техническим характеристикам не отвечают предъявляемым требованиям [5–13]. Для решения поставленной задачи необходима разработка теплового аппарата, обеспечивающего интенсификацию приготовления блюд с возможностью сохранения пищевой ценности исходного сырья.

Объект и методы исследования

В целях ускорения кулинарной (механической и тепловой) обработки продуктов питания из нежированного мяса и сохранения пищевой ценности исходного сырья в закрытых (ограниченных) пространствах камбуза дизельной подводной лодки предложена технологическая разработка сохранения пищевой ценности и повышения усвояемости мясных блюд. Интенсификация подготовки и созревания полуфабриката обеспечивается за счет применения разрядно-импульсного удара и тепловой обработки в потоке электромагнитного излучения ИК-спектра в режиме «Гриль» [14].

Технологическое решение основано на том, что в процессе механической разрядно-импульсной обработки полуфабрикат увеличивается в объеме за счет разрыва коллагеновых связей и проникновения рассола. Свободная вода, содержащаяся в полуфабрикатах, при тепловой обработке интенсивно поглощает ИК-излучение с длиной волны $\lambda = 1,0-1,2 \mu\text{m}$, нагревая поверхностный слой продукта. Энергия излучения преобразуется в тепло-

вую энергию и передается нижним слоям продукта вплоть до центральной области.

Результаты и их обсуждение

Данная технологическая разработка отличается тем, что для расширения ассортимента блюд из мяса, сохранения их питательных веществ, снижения усилий среза, усилий на разрыв и повышения нежности, мягкости, усвояемости в условиях закрытых (ограниченных) пространств используется новое камбузное технологическое оборудование: устройство для тендеризации в жидких средах УТЖС-1, устройство для тендеризации УТ-0,1, камбузный гриль КГ-1.

Кулинарная обработка мясных блюд с сохранением пищевой ценности и повышения их усвояемости включает 4 основные технологические операции (рис. 1): подготовительную (размораживание, зачистка поверхности, омывание, обсушивание, разделка туш, деление на отрубы, обвалка отрубов, выделение крупнокусковых полуфабрикатов, приготовление порционных полуфабрикатов, подготовка рассола); механическая обработка; подготовка к тепловой обработке, деление на порции, размещение в жарочной камере технологического оборудования; тепловая обработка.

Рассмотрим предложенную технологическую разработку сохранения пищевой ценности и повышения усвояемости мясных блюд с подробным описанием каждой технологической операции.

1. *Подготовительная операция.* Проводится до начала кулинарной обработки и включает несколько этапов первичной обработки мясного сырья [14]. Количество этапов зависит от вида сырья (туша, полутуша, отруб). Новизной подготовительной операции является подготовка рассола. В подготовленной воде температурой $t = 10-16 \text{ }^\circ\text{C}$ смешиваются (из расчета на 1 кг готового продукта) поваренная соль – 7 %, специи (перец черный молотый) – 0,1 %, сахар – 1,5 %, пищевая добавка нитрат натрия (NaNO_2 , E250) – 0,015 %.

Добавление добавки E250 в рассол придает красную окраску и защищает полуфабрикат от окисления и порчи бактериями (*botulinum*), которые являются возбудителями ботулизма – серьезной пищевой

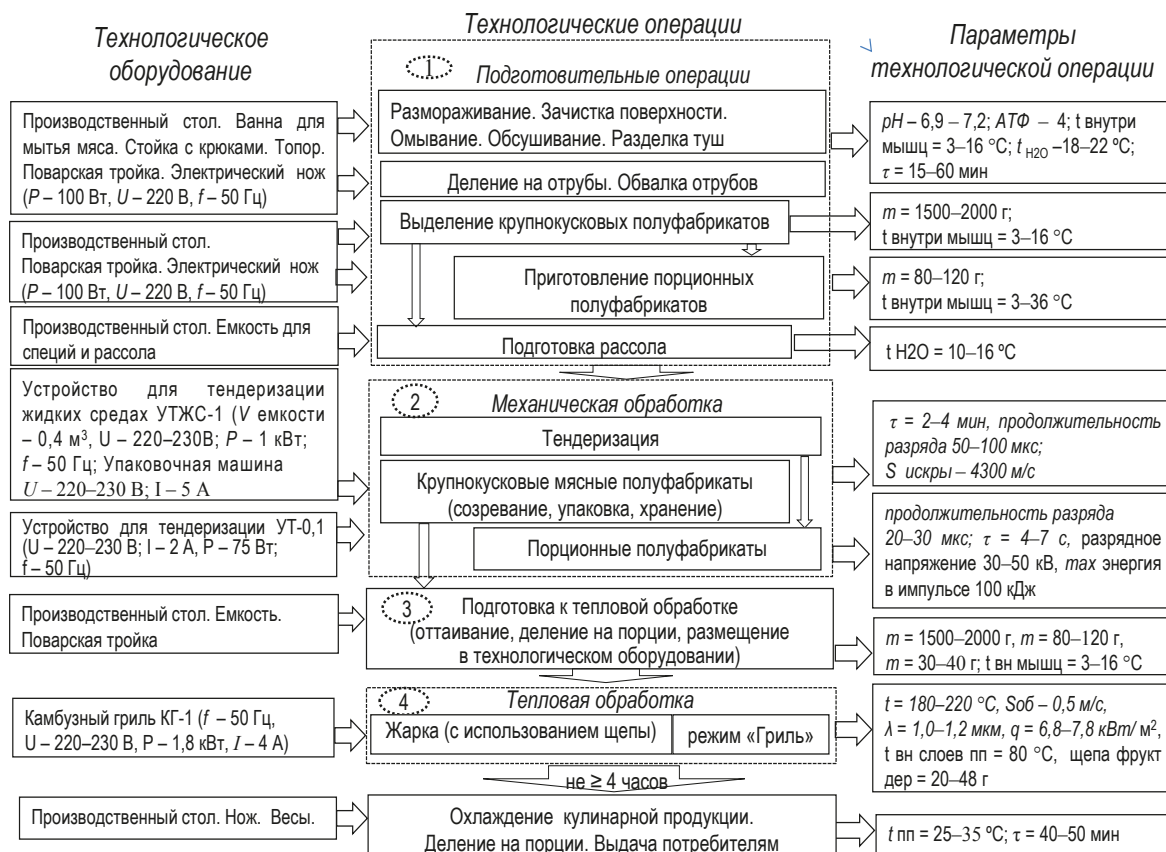


Рисунок 1. Технологические операции технологической разработки сохранения пищевой ценности и повышения усвояемости мясных блюд

Figure 1. Technological operations of the technological solution aimed at preserving the nutritional value and increasing the digestibility of meat dishes

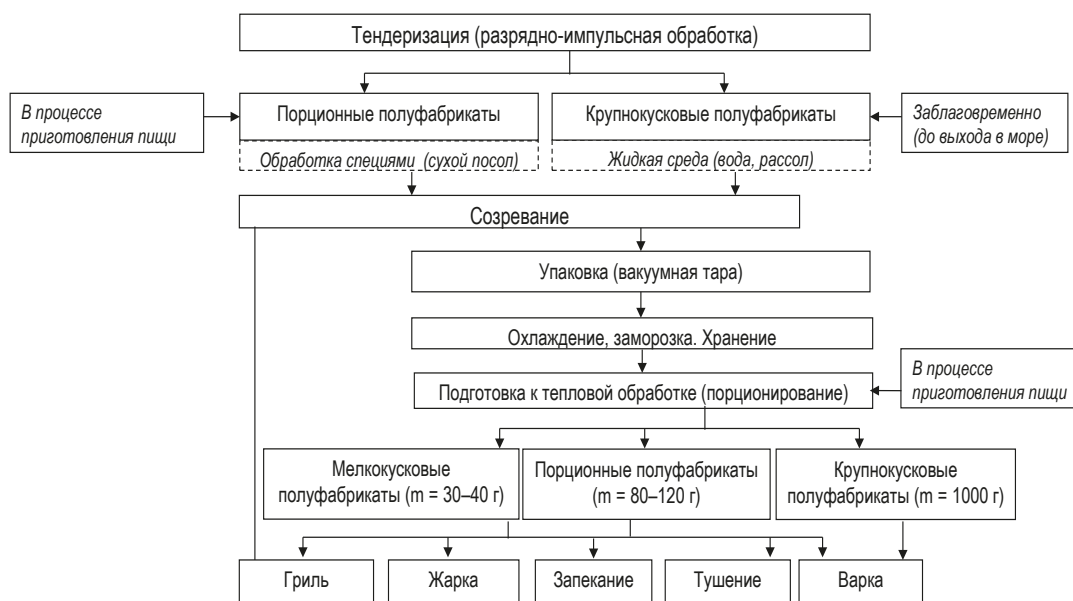


Рисунок 2. Способы механической обработки мясного сырья в предлагаемой технологической разработке

Figure 2. Methods of mechanical processing of raw meat in the proposed technological solution

интоксикации, приводящей к поражению нервной системы [15].

2. **Механическая обработка мясных полуфабрикатов.** Реализуется двумя способами, представленными на рисунке 2.

Разрядно-импульсная обработка (РИО) реализуется как в технологическом процессе приготовления мясных блюд, так и заблаговременно (на объектах промышленно-экономического комплекса страны). Крупнокусковые мясные полуфабрикаты массой



Рисунок 3. Изменения при разрядно-импульсной обработке на мясной полуфабрикат

Figure 3. Effect of pulse-type processing on the meat semi-finished product

m = 1500–2000 г подвергаются РИО в жидкой среде (рассоле) и упаковываются в вакуумные пакеты. Это позволяет сократить время затрат, повысить качественные показатели полуфабрикатов, расширить возможности по приготовлению мясных продуктов питания в закрытых (ограниченных) пространствах.

Рассол является хорошим трансформатором энергии, выделяющейся в канале. Импульсное выделение электрической энергии в последнем, благодаря малой сжимаемости жидкости, приводит к росту давления в плазме. Высокое давление формирует и распространяет в окружающей среде интенсивные возмущения.

Возникающие в рассоле разрядно-импульсные удары разрушают хрящи и другие прочные части мяса, активно действуют механические силы, достаточные для разрушения межволоконных коллагеновых связей, создающие разрядно-импульсной волной гидравлическое сопротивление (рис. 3).

Разрядно-импульсные удары при воздействии на дезинтеграцию биологических тканей обеспечивают полное сохранение витаминов А₂, Д₂, В₁₂ [16–26]. Аскорбиновая кислота в виде водных растворов окисляется в значительно меньшей степени, чем при термической обработке [18, 27]. Предложенная технологическая операция обеспечивает сохранение мясного сока, содержание нутриентов, увеличение объема и массу полуфабриката (рис. 4).

3. Подготовка к тепловой обработке. При реализации данной технологической операции осуществляется подготовка полуфабрикатов к тепловой обработке: оттаивание, деление на порции, размещение в технологическом оборудовании.

Операция осуществляется как заблаговременно с использованием крупнокусковых полуфабрикатов прошедших РИО и созревание, так и при подготовке к тепловой обработке в непрерывном технологическом процессе. Полуфабрикаты порционируются в соответствии с технологической картой блюда, фиксируются на вспомогательном технологическом оборудовании (шампур, вертел), размещаются в жарочной камере теплового аппарата.

4. Тепловая обработка мясных полуфабрикатов в режиме «Гриль». Тепловая обработка полуфабрикатов из мяса в потоке электромагнитного излучения

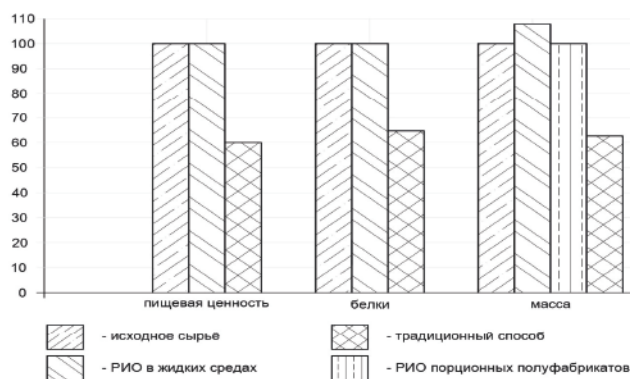


Рисунок 4. Сравнительные характеристики тендеризации полуфабриката

Figure 4. Comparative characteristics of the tenderized semi-finished product

ИК-спектра происходит без их контакта с какой-либо теплопередающей поверхностью или теплоносителем. Принцип обработки основан на том, что свободная вода, содержащаяся в полуфабрикатах, интенсивно поглощает ИК-излучение с длиной волны $\lambda = 1,0–1,2$ мкм, нагревая внутренние слои продукта питания. Энергия излучения, преобразованная в тепловую энергию, передается внутренним слоям продукта вплоть до центральной его области.

Принудительная конвекция в процессе тепловой обработке в режиме «Гриль» интенсифицирует прогрев и скорость приготовления продуктов питания. В отличие от кондуктивного нагрева, при обработке в режиме «Гриль» поверхность продукта остается открытой. Это обеспечивает охлаждение этих слоев, а также возможность подводить к продукту интенсивный поток тепла.

На поверхности порционных продуктов, охваченных жаром от преобразования ИК-волн в тепло, происходит интенсивная коагуляция белков, причем на глубине до 5 мм одновременно. Это позволяет подводить значительные мощности, которые затем в виде кондуктивной теплопередачи поступают вглубь мясной порции. Это обеспечивает сохранение мясного сока, делая порции сочными, ароматными и пышными. Зависимость продолжительности тепло-

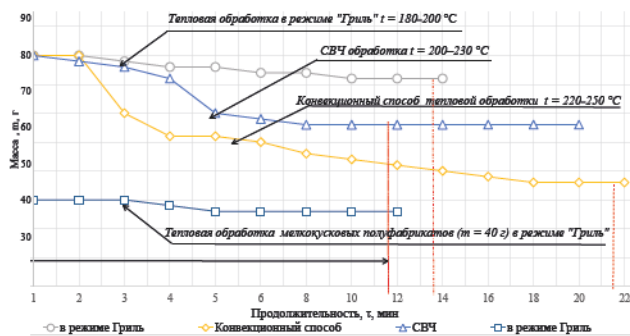


Рисунок 5. Зависимости продолжительности тепловой обработки мясных полуфабрикатов от способа

Figure 5. Effect of the method on the heat treatment duration

вой обработки мясных полуфабрикатов от способа наложения тепла представлена на рисунке 5.

Температура внутренних слоев продукта питания достигает $t = 80\text{--}85\text{ }^{\circ}\text{C}$, а температура поверхностного слоя $t = 130\text{ }^{\circ}\text{C}$, что способствует образованию поджаристой корочки.

На заключительном этапе приготовления мясных блюд используется гриль в области ИК-спектра. Энергия подается плотностью $6\text{--}10\text{ кВт/м}^2$ с длиной волны $1,1\text{ мкм}$. При этих параметрах продукт доводится до состояния готовности к употреблению. Это позволяет сократить продолжительность тепловой обработки и улучшить показатели качества готовой продукции [28].

Выводы

Показано влияние разрядно-импульсной обработки крупнокусковых полуфабрикатов в жидких средах и тепловой обработки в режиме «Гриль» ($\lambda = 1,0\text{--}1,2\text{ мкм}$) на продолжительность приготовления мелкокускового продукта питания (шашлыка) по предложенной технологической разработке.

Новизна технологической разработки заключается в том, что воздействие предлагаемой разрядно-импульсной обработки обеспечивает равномерный разрыв коллагеновых волокон, сухожилий и хрящей исходного сырья при равномерном просаливании его структуры, а тепловая обработка в режиме «Гриль» снижает интенсивность испарения мясного сока,

ускорение передачи тепла к внутренним слоям за счет интенсивного потока тепла.

Практическая значимость заключается в реализации предложенной технологической разработки в закрытых (ограниченных) пространствах при снижении физических и временных затрат обслуживающего персонала, улучшении физико-химических и органолептических показателей, вкусовых качеств, усвояемости и сохранения пищевой ценности продуктов питания из нежилованного мяса при одновременном его просаливании и обеспечении увеличения срока продолжительности хранения полуфабрикатов в 3–4 раза. Это обеспечивает сокращение продолжительности приготовления мясных блюд на 20 %, повышение массы полуфабрикатов на 16–20 %, пищевой ценности готовых блюд на 11–13 % [29].

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Благодарности

Выражаю благодарность профессорско-преподавательскому составу кафедры № 3 (материального обеспечения) «Военной академии материально-технического обеспечения имени генерала армии А. В. Хрулева».

Финансирование

Материалы подготовлены в рамках выполнения диссертационного исследования.

Список литературы

1. Цельковских, А. А. Система материально-технического обеспечения военной организации государства: особенности функционирования и перспективы развития в современных экономических условиях / А. А. Цельковских, А. Х. Курбанов, В. А. Плотников // Управленческое консультирование. – 2014. – Т. 72, № 12. – С. 16–28.
2. Топоров, А. В. Методологические основы военно-экономической эффективности интегрированной системы материально-технического обеспечения / А. В. Топоров, В. И. Бабенков // Известия Российской академии ракетных и артиллерийских наук. – 2017. – Т. 99, № 4. – С. 13–22.
3. Бабенков, В. И. Нормативно-методическое обеспечение государственных заказов по приоритетным инновационным проектам / В. И. Бабенков, А. В. Бабенков // «Теория и практика приоритетных научных исследований»: сборник научных трудов материалов международной научно-практической конференции. – Смоленск, 2016. – С. 112–114.
4. Абдурахманов, Э. Ф. Особенности организации питания экипажей подводных лодок в походе / Э. Ф. Абдурахманов, М. В. Безгин // «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. 9–12.
5. Романчиков, С. А. Инновационные решения для повышения пищевой ценности продовольственного пайка / С. А. Романчиков, О. И. Николок // «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.
6. Верболоз, Е. И. Особенности низкотемпературной тепловой обработки мясopодуKтов в пароконвектомате с наложением ультразвуковых колебаний / Е. И. Верболоз, С. А. Романчиков // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2017. – Т. 79, № 3 (73). – С. 35–41.
7. Савельев, А. П. Расширение ассортимента хлебобулочной продукции и ресурсосбережения процесса выпечки / А. П. Савельев, Г. В. Алексеев, О. И. Николок // Ползуновский Вестник. – 2018. – № 2. – С. 65–68. DOI: <https://doi.org/10.25712/ASTU.2072-8921.2018.02.012>.
8. Алексеев, Г. В. Возможности изготовления энерго-ресурсосберегающих емкостей для приготовления пищи / Г. В. Алексеев, С. А. Романчиков, А. П. Савельев // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2018. – № 3. – С. 83–88.
9. Романчиков, С. А. Пути повышения коэффициента полезного действия тепловых аппаратов / С. А. Романчиков, Д. В. Фитерер // Вестник Военной академии материально-технического обеспечения им. генерала армии А. В. Хрулева. – 2016. – Т. 6, № 2. – С. 118–121.

10. Романчиков, С. А. Способ электростимуляции парного мяса для ускорения процесса созревания / С. А. Романчиков // Ползуновский вестник. – 2018. – № 3. – С. 84–89. DOI: <https://doi.org/10.25712/ASTU.2072-8921.2018.03.015>.
11. Романчиков, С. А. Устройство для замедления микробиологических процессов в продуктах питания / С. А. Романчиков // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2018. – Т. 7, № 4 (44). – С. 196–200.
12. Романчиков, С. А. Устройство для ультразвуковой ускоренной сушки макаронных изделий в поле инфракрасного излучения / С. А. Романчиков // Ползуновский вестник. – 2018. – № 1. – С. 70–76. DOI: <https://doi.org/10.25712/ASTU.2072-8921.2018.01.014>.
13. Николоук, О. И. Технология макаронных изделий повышенной пищевой ценности в ультразвуковом поле / О. И. Николоук // Хлебопродукты. – 2018. – № 12. – С. 47–51. DOI: <https://doi.org/10.32462/0235-2508-2018-0-12-47-51>.
14. Пат. 2655406 РФ, МПК А47J 37/04, А47J 37/06. Устройство по гриль-обработке мяса / Романчиков С. А., Абдурахманов Э. Ф.; заявитель и патентообладатель ФГКВОУ ВО ВАМТО. – № 2016130552; заявл. 25.17.2016; опубл. 28.05.2018; Бюл. № 16. – 156 с.
15. E250 – Нитрит натрия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://dobavkam.net/additives/e250>. – Дата обращения: 01.03.2019.
16. Ивашкин, Ю. А. Моделирование процессов тепловой обработки мясopодуKтов с использованием инфракрасного энергоподвода / Ю. А. Ивашкин, М. А. Беляева // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2006. – № 10. – С. 46–50.
17. Рогов, И. А. Сравнительный анализ влияния инфракрасной и сверхвысокоKчастотной энергии на микроструктуру говяжьего мяса в процессе тепловой обработки / И. А. Рогов, М. А. Беляева // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2005. – № 10. – С. 18.
18. Беляева, М. А. Влияние инфракрасного и сверхвысокоKчастотного нагрева на пищевую ценность говяжьего мяса / М. А. Беляева // Вопросы питания. – 2005. – Т. 74, № 1. – С. 36–38.
19. Effect of sodium bicarbonate residue on some characteristics of processed meat products / B. Akbari-adergani, N. Sallak, G. Jahed khaniki [et al.] // Foods and Raw Materials. – 2018. – Vol. 6, № 2. – P. 249–255. DOI: <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2018-2-249-255>.
20. Barbut, S. Meat Color and Flavor / S. Barbut // Poultry Products Processing: An Industry Guide / S. Barbut. – New York : CRC Press, 2002. – 429–465 p.
21. Chicken Breast Meat Marinated with Increasing Levels of Sodium Bicarbonate / M. Petracci, L. Laghi, S. Rimini [et al.] // Journal of Poultry Science. – 2014. – Vol. 51, № 2. – P. 206–212. DOI: <https://doi.org/10.2141/jpsa.0130079>.
22. Effect of freezing prior to aging on myoglobin redox forms and CIE color of beef from Nellore and Aberdeen Angus cattle / C. N. Aroeira, R. de Almeida Torres Filho, P. R. Fontes [et al.] // Meat Science. – 2017. – Vol. 125. – P. 16–21. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.11.010>.
23. Changes in taste compounds, breaking properties, and sensory attributes during dry aging of beef from Japanese black cattle / F. Iida, Y. Miyazaki, R. Tsuyuki [et al.] // Meat Science. – 2016. – Vol. 112. – P. 46–51. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.10.015>.
24. Meat quality, microbiological status and consumer preference of beef *gluteus medius* aged in a dry ageing bag or vacuum / X. Li, J. Babol, A. Wallby [et al.] // Meat Science. – 2013. – Vol. 95, № 2. – P. 229–134. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.05.009>.
25. Marbled beef quality grades under various ageing conditions / I. Kozyrev, T. Mittelshtein, V. Pchelkina [et al.] // Foods and Raw Materials. – 2018. – Vol. 6, № 1. – P. 429–437. DOI: <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2018-2-429-437>.
26. 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.
27. 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.
28. Акт проведения исследований // Вестник Военной академии материально-технического обеспечения им. генерала армии А. В. Хрулева. – 2018. – № 6. – С. 8.
29. Топоров, А. В. Оценка военно-экономической эффективности использования нового камбузного оборудования для дизельных подводных лодок военно-морского флота / А. В. Топоров, Э. Ф. Абдурахманов // Научный вестник Вольского военного института материального обеспечения: военно-научный журнал. – 2018. – Т. 48, № 4. – С. 62–64.

References

1. Tselykovskikh AA, Kurbanov AH, Plotnikov VA. System of Material Support of the Military Organization of the State: Features of Functioning and Prospect of Development in Modern Economic Conditions. Administrative Consulting. 2014;72(12):16–28. (In Russ.).
2. Toporov AV, Babenkov VI. Methodological bases of military-economic efficiency of integrated logistics systems. Izvestiya Rossiyskoy akademii raketnykh i artilleriyskikh nauk [Proceedings of the Russian Academy of Missile and Artillery Sciences]. 2017;99(4):13–21. (In Russ.).
3. Babenkov VI, Babenkov AV. Normativno-metodicheskoe obespechenie gosudarstvennykh zakazov po prioritnym innovatsionnym proektam [Regulatory and methodological support of state orders for priority innovative projects]. Teoriya i

praktika prioritetnykh nauchnykh issledovaniy': sbornik nauchnykh trudov materialov mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii ['Theory and Practice of Priority Scientific Research': Proceedings of the International Scientific and Practical Conference]; 2016; Smolensk. Smolensk: Novalenso; 2016. p. 112–114. (In Russ.).

4. Abdurakhmanov EF, Bezgin MV. The feeding habits of submarine crews in a hike. 'Resursnoe obespechenie silovykh ministerstv i vedomstv: vchera, segodnya, zavtra': sbornik statey II mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii ['Resource support of power ministries and departments: yesterday, today, tomorrow': Proceedings of the II International Scientific and Practical Conference]; 2016; Perm. Perm: Perm Military Institute of the Internal Troops of the Ministry of the Interior of the Russian Federation; 2016. p. 9–12. (In Russ.).

5. Romanchikov SA, Nikolyyuk OI. Innovative solutions for increasing the nutritional value of food rations. 'Resursnoe obespechenie silovykh ministerstv i vedomstv: vchera, segodnya, zavtra': sbornik statey II mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii ['Resource support of power ministries and departments: yesterday, today, tomorrow': Proceedings of the II International Scientific and Practical Conference]; 2016; Perm. Perm: Perm Military Institute of the Internal Troops of the Ministry of the Interior of the Russian Federation; 2016. p. 308–311. (In Russ.).

6. Verboloz EI, Romanchikov SA. Features of the low-temperature heat treatment of meat products in a combi steamer with the imposition of ultrasonic vibrations. Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies. 2017;79(3) (73):35–41. (In Russ.).

7. Savel'ev AP, Alekseev GV, Nikolyyuk OI. Rasshirenie assortimenta khlebobulochnoy produktsii i resursoberezheniya protsessa vypechki [Expanding the range of bakery products and resource-saving baking process]. Polzunovskiy vestnik. 2018;(2):65–68. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.25712/ASTU.2072-8921.2018.02.012>.

8. Alexeev GV, Romanchikov SA, Savelev AP. Opportunities for Manufacture of Energy-Resources-Saving Cream for Preparing Food. Storage and Processing of Farm Products. 2018;(3):83–88. (In Russ.).

9. Romanchikov SA, Fiterer DV. Ways of increasing the thermal machines efficiency. Vestnik Voennoy akademii material'no-tekhnicheskogo obespecheniya im. generala armii A.V. Khruleva [Bulletin of General A.V. Khrulev Military Academy for Logistics]. 2016;6(2):118–121. (In Russ.).

10. Romanchikov SA. Sposob ehlektrostimulyatsii parnogo myasa dlya uskoreniya protsessa sozrevaniya [Electric stimulation of slaughterwarm meet for ripening process acceleration]. Polzunovskiy vestnik. 2018;(3):84–89. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.25712/ASTU.2072-8921.2018.03.015>.

11. Romanchikov SA. Device for lasting microbiological processes in food products. XXI Century: Resumes of the Past and Challenges of the Present plus. 2018;7(4)(44):196–200. (In Russ.).

12. Romanchikov SA. Ustroystvo dlya ul'trazvukovoy uskorennoy sushki makaronnykh izdeliy v pole infrakrasnogo izlucheniya [Equipment for ultrasonic accelerated drying of pasta in IR field]. Polzunovskiy vestnik. 2018;(1):70–76. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.25712/ASTU.2072-8921.2018.01.014>.

13. Nikolyyuk OI. Technology of macaroni products of high nutritional value in ultrasonic field. Bread products. 2018;(12):47–51. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.32462/0235-2508-2018-0-12-47-51>.

14. Romanchikov SA, Abdurakhmanov EhF. Ustroystvo po gril'-obrabotke myasa [Meat grill equipment]. Russian patent RU 2016130552. 2018.

15. E250 – Nitrit natriya [E250 – Sodium Nitrite] [Internet]. [cited 2019 Mar 01]. Available from: <https://dobavkam.net/additives/e250>.

16. Ivashkin YuA, Belyaeva MA. Modelling of processes of thermal processing of meat products with use of infra-red energy feeder. Storage and Processing of Farm Products. 2006;(10):46–50. (In Russ.).

17. Rogov IA, Belyaeva MA. Sravnitel'nyy analiz vliyaniya infrakrasnoy i sverkhvysokochastotnoy ehnergii na mikrostrukturu govyazh'ego myasa v protsesse teplovy obrabotki [Comparative analysis of the effect of infrared and microwave energy on the microstructure of beef during heat treatment]. Storage and Processing of Farm Products. 2005;(10):18. (In Russ.).

18. Belyaeva MA. Vliyanie infrakrasnogo i sverkhvysokochastotnogo nagreva na pishchevuyu tsennost' govyazh'ego myasa [The effect of infrared and microwave heating on the nutritional value of beef]. Problems of Nutrition. 2005;74(1):36–38. (In Russ.).

19. Akbari-adergani B, Sallak N, Jahed khaniki G, Rastkari N, Sadighara P. Effect of sodium bicarbonate residue on some characteristics of processed meat products. Foods and Raw Materials. 2018;6(2):249–255. DOI: <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2018-2-249-255>.

20. Barbut S. Meat Color and Flavor. In: Barbut S, editor. Poultry Products Processing: An Industry Guide. New York: CRC Press; 2002. pp. 429–465.

21. Petracci M, Laghi L, Rimini S, Rocculi P, Capozzi F, Cavani C. Chicken Breast Meat Marinated with Increasing Levels of Sodium Bicarbonate. Journal of Poultry Science. 2014;51(2):206–212. DOI: <https://doi.org/10.2141/jpsa.0130079>.

22. Aroeira CN, de Almeida Torres Filho R, Fontes PR, de Lemos Souza Ramos A, de Miranda Gomide LA, Ladeira MM, et al. Effect of freezing prior to aging on myoglobin redox forms and CIE color of beef from Nellore and Aberdeen Angus cattle. Meat Science. 2017;125:16–21. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.11.010>.


23. Iida F, Miyazaki Y, Tsuyuki R, Kato K, Egusa A, Ogoshi H, et al. Changes in taste compounds, breaking properties, and sensory attributes during dry aging of beef from Japanese black cattle. Meat Science. 2016;112:46–51. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.10.015>.

24. Li X, Babol J, Wallby A, Lundström K. Meat quality, microbiological status and consumer preference of beef *gluteus medius* aged in a dry ageing bag or vacuum. Meat Science. 2013;95(2):229–134. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.05.009>.

25. Kozyrev I, Mittelshtein T, Pchelkina V, Kuznetsova T, Lisitsyn A. Marbled beef quality grades under various ageing conditions. *Foods and Raw Materials*. 2018;6(1):429–437. DOI: <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2018-2-429-437>.
26. Vrzhesinskaya OA, Kodentsova VM. Enriched foodstuffs: the estimation of the maximal possible intake of vitamins, iron, calcium. *Problems of Nutrition*. 2007;76(4):41–48. (In Russ.).
27. Kodentsova VM, Vrzhesinskaya OA. The analysis of domestic and international policy of food fortification with vitamins. *Problems of Nutrition*. 2016;85(2):31–50. (In Russ.).
28. Akt provedeniya issledovaniy [Research Act]. *Vestnik Voennoy akademii material'no-tekhnicheskogo obespecheniya im. generala armii A.V. Khruleva* [Bulletin of General A.V. Khrulev Military Academy for Logistics]. 2018;(8):8. (In Russ.).
29. Toporov AV, Abdurahmanov EF. Military-economic estimation of efficiency of use of the new galley equipment for diesel submarines of the navy. *Nauchnyy vestnik Vol'skogo voennogo instituta material'nogo obespecheniya: voenno-nauchnyy zhurnal* [Scientific Bulletin of the Volsky Military Institute of Material Support: military-scientific journal.]. 2018;48(4):62–64. (In Russ.).


Сведения об авторах

Абдурахманов Эльшан Фарайизоглы

аспирант кафедры материального обеспечения, ФГБОУ ВО «Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А. В. Хрулева», 199034, Россия, г. Санкт-Петербург, наб. Макарова, 8, тел.: +7 (919) 768-28-28, e-mail: elshan2709@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0003-4225-2727>

Information about the authors

Elshan F. Abdurakhmanov

Postgraduate Student of the Department of Material Support, General A.V. Khrulev Military Academy for Logistics, 8, Makarova Str., St. Petersburg, Russia, 199034, phone: +7 (919) 768-28-28, e-mail: elshan2709@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0003-4225-2727>

Возможность использования тигровых орехов в мясных продуктах¹

И. В. Бобренева*¹, А. А. Баюми¹

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»,

Дата поступления в редакцию: 21.03.2019

125080, Россия, г. Москва, Волоколамское шоссе, 11

Дата принятия в печать: 21.06.2019

*e-mail: dara56@mail.ru



© И. В. Бобренева, А. А. Баюми, 2019

Аннотация. В статье рассматриваются физико-химические и функциональные свойства тигровых орехов (*Cyperus esculentus*) и возможность их использования в мясных продуктах. Тигровый орех является традиционной растительной добавкой, растущей на территории Республики Египет. В настоящее время используется в напитках, хлебобулочных и молочных продуктах. Согласно полученным данным тигровый орех содержит 15,77 % пищевых волокон, 22,64 % липидов (ненасыщенные и насыщенные жирные кислоты: 79,41 %, и 20,59 % соответственно). В результате исследований установлено, что тигровый орех содержит большое количество минералов таких, как калий (710 мг/100 г), кальций и магний (90 мг/100 г), витамины С, Е и В, обладает антиоксидантной активностью, достигающей 10,4 мг/г. Изучены органолептические характеристики мясных модельных образцов, изготовленных с введением в них различной концентрации тигрового ореха в качестве частичной замены мясного сырья. Тигровый орех вводился в мясные системы от 2,5 до 10 % с шагом 2,5 %. Выявлено, что использование тигрового ореха в качестве замены мясного сырья (говядины первого сорта) в количестве 5 % положительно влияет на такие показатели, как вкус, запах, цвет, аромат. По результатам проведенных исследований можно говорить о том, что тигровые орехи можно использовать в качестве функционального ингредиента в мясных продуктах для увеличения содержания пищевых волокон, а также витаминов и минеральных веществ. Кроме того, тигровые орехи обладают хорошей антиоксидантной активностью, способствуют увеличению срока хранения мясных продуктов и являются частичной дешевой заменой мясного сырья.

Ключевые слова. Растительные добавки, тигровые орехи, чуфа, мясные модельные образцы, качественные характеристики, антиоксидантная активность

Для цитирования: Бобренева, И. В. Возможность использования тигровых орехов в мясных продуктах / И. В. Бобренева, А. А. Баюми // Техника и технология пищевых производств. – 2019. – Т. 49, № 2. – С. 185–192. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-2-185-192>.

Original article

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

Tiger Nut in Meat Products

I.V. Bobreneva*¹, A.A. Baioumy¹

Moscow State University of Food Production,
11, Volokolamskoe Shosse, Moscow, 125080, Russia

Received: March 21, 2019

Accepted: June 21, 2019

*e-mail: dara56@mail.ru



© I.V. Bobreneva, A.A. Baioumy, 2019

Abstract. The article discusses the physical, chemical and functional properties of tiger nut (*Cyperus esculentus*) and the possibility of its use in meat products. Tiger nuts grow on the territory of the Republic of Egypt. This traditional plant goes back to ancient times. As a rule, its tubers are soaked and then eaten as a snack. Tiger nuts are currently used in beverages, bakery, and dairy products. According to the data obtained, tiger nuts contain 15.77% of dietary fibers, 22.64% of lipids, namely 79.41% of unsaturated and 20.59% of saturated fatty acids. The experiment proved that tiger nuts contain a substantial amount of minerals: potassium – 710 mg/100g, calcium and magnesium – 90 mg/100g. The plant also contains vitamins C, E, and B, while its antioxidant activity reaches 10.4 mg/g. The research featured the sensory properties of meat samples with various concentrations of tiger nuts as a partial replacement. The study revealed that the tiger nut is a cream-colored and odorless fine powder, with a weak sweet taste of almonds. During the experiment, 2.5%–10% of tiger nut powder was introduced into first grade beef samples with a 2.5% interval. When used as a meat substitute, 5% of tiger nut was found to have a positive effect on such indicators as taste, smell, color, and aroma. Hence, tiger nuts can be used as a functional ingredient in meat products to increase the content of dietary fibers, vitamins, and minerals. In addition, tiger nuts have a good antioxidant property, which increases the shelf life of meat products, and is a cheap partial substitute for raw meat.

Keywords. Vegetable additives, Tiger nuts, chufa, meat model samples, qualitative characteristics, antioxidant activity

¹ Материал опубликован в рамках II Международного симпозиума «Инновации в пищевой биотехнологии». 13–14 мая 2019 г., Кемерово, Кемеровский государственный университет.

For citation: Bobreneva IV, Baioumy AA. Tiger Nut in Meat Products. Food Processing: Techniques and Technology. 2019;49(2):185–192. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-2-185-192>.

Введение

Изменения в привычках питания, возникающие в результате развития общества в последние десятилетия, заставили людей искать доступные и здоровые продукты питания. Таким образом, пищевая промышленность постоянно стремится адаптировать и разрабатывать новые виды добавок, в том числе и растительного происхождения, предназначенные для увеличения срока хранения, а также для повышения качества и безопасности пищевых продуктов [1–3].

В настоящее время используется большое количество различных видов биологически активных добавок. Однако недостаточное внимание уделяется БАВ, получаемым из различных видов растений произрастающих в странах Африки, Южной Америки и других странах с жарким климатом [4–7].

Учитывая недостаточное количество мясного сырья и его стоимость, ставится цель по замене и обогащению мясного сырья более дешевыми ингредиентами растительного происхождения. Так, например, используется сырье растительного происхождения с высоким содержанием белка: изолированный соевый белок (90 % белка) и пшеничный глютен (80 % белка) [7, 8].

В процессе хранения мясных продуктов происходит окисление липидов и образуются гидроперекиси, которые приводят к сокращению их срока хранения. Развитие процессов окисления липидов в мясных продуктах в процессе их переработки и хранения оказывает негативное влияние на такие важные качественные характеристики, как вкус, цвет и пищевая ценность [9, 10].

На сроки хранения мясных продуктов влияет использование различных видов растительных добавок, обладающих антиоксидантной активностью. В течение ряда лет растет использование природных антиоксидантов в продуктах питания [11–14].

В Республике Египет большое внимание уделяется пищевым добавкам, полученным из орехов, фруктов, овощей, трав и специй. Их планируется использовать с целью обогащения продуктов пищевыми волокнами, микро- и макроэлементами, увеличения срока хранения, улучшения вкусовых характеристик и расширения ассортимента продуктов на мясной, растительной, мясорастительной основе, в том числе различных видов охлажденных и замороженных полуфабрикатов, в которые входят диетические продукты [15].

Одним из таких натуральных продуктов является тигровый орех (чуфа). Это сорное растение тропических и средиземноморских регионов. Тигровый орех является корнеплодом, произрастающим во влажных местах, принадлежат к семейству *Superaceae*. Существуют разные типы тигровых орехов высотой от 24 до 55 см. К разновидностям тигрового ореха относятся два типа, которые были идентифицированы в США: культивируемый (осока желтого ореха) и дикий (осока фиолетового ореха). По внешнему виду

они имеют треугольные стебли с цветом листьев от желтого до зеленого. Самым ценным в тигровом орехе являются клубни, которые имеют волокнистую структуру [16].

Клубни тигрового ореха, по данным I. Codina-Torrella и др., содержат значительное количество крахмала, сахарозы и липидов [16]. Тигровый орех широко известен в Египте, его употребляют после замачивания в воде или бланширования как традиционную закуску, а также используют, добавляя в качестве порошка, в напитках. В Испании из тигрового ореха традиционными методами получают масло, которое используют для еды. Помимо клубней, у тигрового ореха используется зеленая часть. По пищевой ценности она не уступает злаковым травам, её используют на корм домашним животным как в свежем виде, так и в виде силоса.

Клубни тигровых орехов являются одними из древнейших культурных растений. В древнем Египте орехи были найдены во время археологических раскопок. Тигровые орехи использовались древними египтянами для медицинских целей: очистка рта, клизма, офтальмология, мазь для перевязки ран, а также как благовония для окуривания домов и одежды вместе с ладаном мирры [17].

Из Египта арабы-купцы распространили тигровый орех на север и запад Африки, Сицилию и Испанию. Тигровые орехи известны в других частях мира, особенно в регионе Валенсии (Испания) [18, 19].

В настоящее время, учитывая полезные свойства тигрового ореха, он пользуется большой популярностью. Поэтому возрос процент его переработки среди средиземноморских потребителей [19].

В современном Египте, по данным S. M. El Shebini и др., ежедневное потребление сырых тигровых орехов составляет в сутки 30 г [19]. Потребление орехов способствует эффективной потере веса и улучшению метаболических нарушений у страдающих ожирением диабетиков [19, 20].

В России тигровый орех известен под названием «Чуфа». Чуфа в России появилась в конце XVIII века под названием зимовник, но в пылу борьбы с буржуазными изысками, была забыта на долгие годы.

На протяжении веков тигровый орех служил человеку основным блюдом. Сегодня из тигрового ореха готовят много интересных и полезных продуктов. Клубни чуфы (земляного ореха) содержат такие минералы, как липиды, крахмал, белки, сахара, витамины E, C, а также микроэлементы (магний, кальций, фосфор, железо и др.). Медики в результате исследований установили, что 100 грамм клубней чуфы покрывают суточную норму потребления человеком, содержащихся в ней, полезных витаминов и микроэлементов [19, 20].

Выращивание чуфы производится ежегодным посевом. К концу лета растения достигают высоты до 60 см. Чуфу выкапывают в конце сентября, когда начнет желтеть ботва. Такая поздняя уборка спо-



Рисунок 1. Внешний вид и посевы тигрового ореха (чуфы)

Figure 1. Appearance and crops of tiger nuts (Chufa)

способствует хорошему вызреванию клубеньков и накоплению в них большого количества масла, что происходит в самом конце вегетации. После выкапывания клубеньки просушивают на солнце или в помещении до появления на коже морщинок. Хранить чуфу лучше при температуре от 4 до 8 °С, но можно и при комнатных условиях. Культура сохранит всхожесть, а также свои целебные и вкусовые качества в течение 2–3 лет. Внешний вид и посевы тигрового ореха (чуфы) приведены на рисунках 1, 2 [19, 20].

Основной целью исследования было изучение влияния нетрадиционного вида растительной добавки – тигрового ореха (чуфы) на качественные характеристики мясных модельных образцов (говядины 1 сорта), а также исследование антиоксидантной активности добавки и обоснование процента ее использования в мясных продуктах.



Рисунок 2. Регидратированные тигровые орехи (чуфы)

Figure 2. Rehydrated tiger nuts (Chufa)

Объекты и методы исследования

Исследование проводилось в Российской Федерации на кафедре технологии и биотехнологии пищевых продуктов животного происхождения Московского государственного университета пищевых производств.

При проведении исследований использовались методики по определению массовой доли влаги, белка, жира, углеводов, пищевых волокон и золы, в соответствии с методами, установленными национальными стандартами. Анализ жирнокислотного состава липидов проводили хроматографическим методом по ГОСТ 30418-96.

Содержание минералов определяли методом атомно-абсорбционной спектроскопии. Витамины определяли методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ).

Интегральную антиоксидантную активность (АОА) определяли на приборе «Эксперт-006» кулонометрическим титрованием с использованием электрогенерированных галогенов. Данный метод позволяет оценить общую антиоксидантную активность объекта, а не концентрацию отдельных АО, информация о которых, как правило, недостаточна, поскольку не учитываются процессы взаимного окисления/восстановления и влияние матрицы исследуемого объекта. Метод кулонометрического титрования считается наиболее эффективным за счет способности брома вступать в реакции радикальные, окислительно-восстановительные, электрофильного замещения и присоединения по кратным связям, охватывая всевозможные антиоксиданты в сырье.

Органолептическую оценку проводили по 5-балльной шкале в соответствии с ГОСТ 9959-2015.

Добавку pripravляли из тигровых орехов, произрастающих в Республике Египет. Для получения однородной структуры добавки ее промывали, сортировали и измельчили до мелкодисперсного состояния. Измельченную подготовленную добавку

Таблица 1. Физико-химический состав тигровых орехов

Table 1. Physical and chemical composition of tiger nuts

Исследуемые показатели	Массовая доля, %
Влага	7,42 ± 0,09
Зола	2,57 ± 0,1
Белк	4,63 ± 0,05
Жир	22,64 ± 0,1
Углеводы	62,74
В том числе, пищевых волокон	15,77 ± 0,08

вносили в количестве от 2,5 до 10 % с шагом 2,5 % взамен мясного сыра

Модельным образцом служила измельченная говядина 1 сорта. Модельные образцы формировали массой по 50 г. Контрольный образец состоял из 100 % измельченной говядины 1 сорта.

Опытом служили 4 образца:

- Опытный образец № 1 состоял из 97,5 % мясного сырья и 2,5 % добавки из тигрового ореха;
- Опытный образец № 2 состоял из 95 % мясного сырья и 5 % добавки из тигрового ореха;
- Опытный образец № 3 состоял из 92,5 % мясного сырья и 7,5 % добавки из тигрового ореха;
- Опытный образец № 4 состоял из 90 % мясного сырья и 10 % добавки из тигрового ореха.

Результаты и их обсуждение

В результате проведения исследований был изучен физико-химический состав тигровых орехов. В таблицах 1–4 приведен качественный состав тигровых орехов.

По анализу данных таблицы 1 можно сказать, что тигровые орехи обладают небольшим содержанием белка (4,63 %), но содержат большое количество углеводов (62,74 %), в том числе, что особенно важно, до 15,77 % пищевых волокон. Жир в тигровых орехах составляет 22,64 %.

По своему составу жирно-кислотный состав тигровых орехов близок к жирно-кислотному составу оливкового масла. Он содержит олеиновую (69,25 %), пальмитиновую (15,19 %), линолевую (8,37 %) и стеариновую кислоты (5,07 %). Содержание жирных кислот в сочетании с ореховым вкусом придает маслу тигрового ореха очень привлекательным вкус, в результате чего оно используется в традиционных пищевых продуктах. В таблице 2 приведен жирно-кислотный состав масла тигрового ореха.

Таблица 2. Жирнокислотный состав масел тигрового ореха

Table 2. Fatty acid composition of tiger nut oils

Исследуемые показатели	Массовая доля, %
Насыщенные жирные кислоты	20,59 ± 0,09
Ненасыщенные жирные кислоты	79,41 ± 0,1
Мононенасыщенные жирные кислоты (МНЖК)	70,66 ± 0,08
Полиненасыщенные жирные кислоты (ПНЖК)	8,75 ± 0,06
ω -6 : ω -3	43,54

Таблица 3. Содержание минеральных веществ в тигровом орехе

Table 3. Content of mineral substances in tiger nuts

Минеральные вещества	Содержание, мг/100 г
Na	12 ± 0,01
K	710 ± 0,05
Mg	90 ± 0,03
P	34 ± 0,02
Fe	0,8 ± 0,01
Zn	0,01 ± 0,00
Cu	0,01 ± 0,00
Ca	90 ± 0,04

Из таблицы 2 видно, что в масле тигрового ореха наибольший процент приходится на ненасыщенные жирные кислоты – 79,41 %. Полиненасыщенные жирные кислоты содержатся в количестве 8,75 %. Соотношение ω -6 : ω -3 составляет 43,54. Это говорит о пищевой ценности масла тигрового ореха, которое может быть использовано в различных целях при производстве продуктов питания.

В таблице 3 дано содержание минеральных веществ в тигровом орехе. В наибольшем количестве в тигровых орехах содержится K (710 мг/100 г). Магний и кальций содержатся в одинаковом количестве – 90 мг/100 г. Наименьшее содержание цинка и меди – 0,01 мг/100 г (табл. 3).

Содержание витаминов представлено в таблице 4. Тигровый орех богат содержанием таких витаминов, как витамин С (10 мг/100 г) и Е α -токоферол (5,2 мг/100 г). Содержание этих витаминов положительно влияет на показатель антиоксидантной активности.

Определение антиоксидантной активности (АОА). Натуральные антиоксиданты включают в себя экстракты пряностей, фруктовый сок, экстракты чая, экстракты семян и другие. Растения, включая травы и специи, имеют множество фитохимических веществ, которые являются потенциальными источниками природных антиоксидантов, например, дитерпены, флавоноиды, танины и фенольные кислоты. Эти соединения обладают антиоксидантной, противовоспалительной и противоопухолевой активностью.

Данные по антиоксидантной активности приведены в таблице 5.

По анализу данных, приведенных в таблице 5, можно сказать, что антиоксидантная активность в

Таблица 4. Содержание витаминов в тигровом орехе

Table 4. Content of vitamins in tiger nuts

Витамины	Содержание, мг/100 г
Витамин С	10 ± 0,02
α -токоферол (Е)	5,2 ± 0,01
Тиамин (В1)	0,1 ± 0,01
Рибофлавин (В2)	0,2 ± 0,01
Ниацин (В3)	–
Пиридоксин (В6)	0,55 ± 0,01

Таблица 5. Содержание антиоксидантной активности мг на 1 г тигровых орехов

Table 5. Antioxidant activity, mg per 1 g of tiger nuts

Антиоксидантная активность (АОА)	Содержание, мг/г
	10,4 ± 0,03

тигровых орехах составляет до 10,4 мг на 1 г. Это означает, что использование тигровых орехов с концентрацией, например, 10 % в мясных продуктах добавит около 100 мг активных соединений антиоксидантов. Это количество будет эквивалентно использованию искусственных антиоксидантов, таких как ВНТ (бутилгидрокситолуол), который всегда используется с концентрацией 100 мг на 1 кг.

Для изучения возможности использования тигрового ореха в рецептурах мясных продуктов одним из важных показателей является органолептическая оценка. В работе было исследовано влияние тигрового ореха на органолептические показатели мясных модельных образцов. В качестве модельного образца использовалась говядина 1 сорта – традиционное мясное сырье для Республики Египет и наиболее часто используемое сырье в России. В модельные образцы вносили растительные добавки тигрового ореха в качестве замены мясного сырья в интервале от 2,5 до 10 % с шагом 2,5 %.

Органолептические характеристики препарата из тигрового ореха (запах, консистенция, вкус, аромат, цвет) приведены на рисунке 3.

Из проведенных исследований выявлено, что тигровый орех представляет собой мелкоизмельченный порошок кремового цвета, без запаха, со слабым сладким вкусом миндаля.

В Республике Египет тигровый орех употребляется в пищу после размачивания клубней ореха как семечки.

Мясные модельные образцы подвергались термической обработке (жарке). Проводилось исследование влияния тигрового ореха на органолептические показатели, такие как внешний вид, цвет, аромат, консистенция, вкус. Органолептическую оценку проводили по 5-ти балльной шкале. Контролем служил модельный образец из мяса говядины 1 сорта, опыт – с заменой части мясного сырья на растительную добавку – тигровый орех. Данные по органолептическим показателям приведены в таблице 6.

По анализу данных, приведенных в таблице 6, можно сказать, что в образцах с введением 2,5 % и

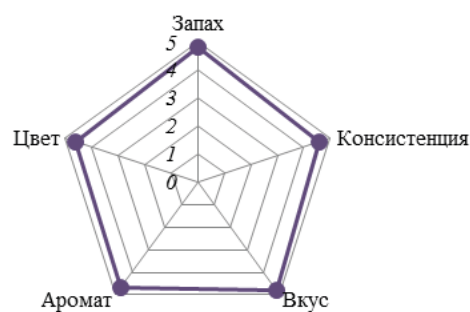


Рисунок 3. Органолептические характеристики препарата из тигрового ореха

Figure 3. Sensory properties of tiger nut preparation

5 % тигрового ореха по внешнему виду различий не наблюдается. По цвету исследуемые образцы, содержащие 2,5 и 5 % добавок, фактически не отличаются от контроля. С внесением 7,5 % и 10 % добавок цвет становится менее интенсивным по сравнению с контрольным образцом. При внесении 10 % тигрового ореха отмечается ухудшение аромата. При исследовании консистенции модельных образцов выявлено, что, начиная с замены мясного сырья на 7,5 % и 10 %, консистенция ухудшается. Образцы имеют более плотную консистенцию. Очевидно, что такая консистенция наблюдается в мясных образцах из-за того, что тигровые орехи содержат большое количество пищевых волокон, которые оказывают влияние на водосвязывающую способность (ВСС) опытных образцов. Самые лучшие по вкусу образцы отмечены при замене мясного сырья на 5 % тигрового ореха (4,75 балла). Лучшее значение среднего балла отмечено у опытного образца с заменой 5 % тигрового ореха (4,6 балла).

Выводы

Выявлено, что тигровые орехи богаты пищевыми волокнами, содержат в своем составе полиненасыщенные жирные кислоты, богаты витаминами С и Е, а также такими минеральными веществами, как калий, магний и кальций, а также являются хорошими антиоксидантами. По результатам исследования можно говорить о возможности использования тигрового ореха в качестве биологически активной добавки к пище, направленной на нормализацию сердечно-сосудистых заболеваний и увеличение срока хранения и пищевой ценности различных видов мясных продуктов. Выявлено, что наиболее целесообразно по органо-

Таблица 6. Органолептические показатели исследуемых образцов

Table 6. Sensory properties of the samples

Исследуемые образцы	Внешний вид	Цвет	Аромат	Консистенция	Вкус	Среднее значение
Контроль – мясо говядины 1 сорта	4,50 ± 0,15	4,50 ± 0,12	4,0 ± 0,15	4,75 ± 0,11	4,25 ± 0,13	4,40
Опыт тигровый орех, % введения						
2,5	4,50 ± 0,12	4,50 ± 0,14	4,25 ± 0,13	4,75 ± 0,10	4,50 ± 0,12	4,50
5	4,50 ± 0,11	4,50 ± 0,09	4,50 ± 0,14	4,75 ± 0,12	4,75 ± 0,12	4,60
7,5	4,25 ± 0,15	4,25 ± 0,10	4,25 ± 0,15	4,50 ± 0,13	4,50 ± 0,13	4,35
10	4,25 ± 0,14	4,25 ± 0,10	4,0 ± 0,13	4,25 ± 0,15	4,25 ± 0,15	4,20

лептическим показателям введение тигровых орехов в рецептуры мясных продуктов в количестве 5 %.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование

Работа выполнена в рамках темы Гранта Министерства образования и науки Российской Федерации № 15.7579.2017/БЧ (идентификационный номер 15.7579.2017 / 8.9).

Список литературы

1. Dial, L. A. Healthy? Tasty? Children's evaluative categorization of novel foods / L. A. Dial, D. R. Musher-Eizenman // *Cognitive Development*. – 2019. – Vol. 50. – P. 36–48. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cogdev.2019.02.001>.
2. Шеметова, Е. В. Питание школьников Приморского края: современное состояние, качество и мониторинг / Е. В. Шеметова, Т. М. Бойцова // *Техника и технология пищевых производств*. – 2017. – Т. 45, № 2. – С. 112–118. DOI: <https://doi.org/10.21179/2074-9414-2017-3-112-118>.
3. *Здравоохранение в России. 2015: Статистический сборник*. – М.: Росстат, 2015. – 174 с.
4. Смирнов, С. О. Разработка рецептуры и технологии получения биологически активной добавки к пище с использованием природных компонентов / С. О. Смирнов, О. Ф. Фазуллина // *Техника и технология пищевых производств*. – 2018. – Т. 48, № 3. – С. 105–114. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-3-105-114>.
5. Новиков, В. С. Функциональное питание человека при экстремальных воздействиях / В. С. Новиков, В. Н. Каркищенко, Е. Б. Шустов. – СПб.: Политехника-принт, 2017. – 346 с.
6. Pharmacological Effects of Active Components of Chinese Herbal Medicine in the Treatment of Alzheimer's Disease: A Review / Z. Y. Wang, J. G. Liu, H. Li [et al.] // *American Journal of Chinese Medicine*. – 2016. – Vol. 44, № 8. – P. 1525–1541. DOI: <https://doi.org/10.1142/S0192415X16500853>.
7. Hygreeva, D. Potential applications of plant based derivatives as fat replacers, antioxidants and antimicrobials in fresh and processed meat products / D. Hygreeva, M. C. Pandey, K. Radhakrishna // *Meat Science*. – 2014. – Vol. 98, № 1 – P. 47–57. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.04.006>.
8. Biologically active compounds and pharmacological activities of species of the genus *Crocus*: A review / O. Mykhailenko, V. Kovalyov, O. Goryacha [et al.] // *Phytochemistry*. – 2019. – Vol. 162. – P. 56–89. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2019.02.004>.
9. Гуринович, Г. В. Исследование процессов окисления комбинированных мясных систем с мясом птицы и льняной мукой / Г. В. Гуринович, П. В. Санников, И. С. Патракова // *Техника и технология пищевых производств*. – 2018. – Т. 48, № 3. – С. 41–49. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-3-41-49>.
10. Mariutti, L. R. B. Influence of salt on lipid oxidation in meat and seafood products: A review / L. R. B. Mariutti, N. Bragagnolo // *Food Research International*. – 2017. – Vol. 94. – P. 90–100. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.02.003>.
11. Development of a functional basis of phyto-beverages with an increased antioxidant activity for the correction of nutrition of patients with diabetes mellitus / L. A. Mayurnikova, S. F. Zinchuk, N. I. Davydenko [et al.] // *Foods and Raw Materials*. – 2017. – Vol. 5, № 2. – P. 178–188. DOI: <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2017-2-178-188>.
12. Оценка возможности применения растительного адаптогена в качестве функционального ингредиента для создания хлеба лечебно-профилактического назначения / Е. С. Смертина, Л. Н. Федянина, К. Ф. Зинатуллина [и др.] // *Техника и технология пищевых производств*. – 2014. – Т. 33, № 2. – С. 88–92.
13. Позняковский, В. М. Пищевые ингредиенты и биологически активные добавки / В. М. Позняковский, О. В. Чугунова, М. Ю. Томова. – М.: ИНФРА-М, 2017. – 143 с.
14. Натурные исследования эффективности биологически активной добавки с направленными функциональными свойствами / А. А. Вековцев, Г. А. Подзорова, А. Ю. Казьмина [и др.] // *Техника и технология пищевых производств*. – 2015. – Т. 37, № 2. – С. 67–74.
15. Gagaoua, M. Ethnic meat products of the North African and Mediterranean countries: An overview / M. Gagaoua, H.-R. Boudechicha // *Journal of Ethnic Foods*. – 2018. – Vol. 5, № 2. – P. 83–98. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jef.2018.02.004>.
16. Codina-Torrella, I. Characterization and comparison of tiger nuts (*Cyperus esculentus* L.) from different geographical origin: Physico-chemical characteristics and protein fractionation / I. Codina-Torrella, B. Guamis, A. J. Trujillo // *Industrial Crops and Products*. – 2015. – Vol. 65. – P. 406–414. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.11.007>.
17. Compositional and structural studies of the oils from two edible seeds: Tiger nut, *Cyperus esculentus*, and asiato, *Pachira insignis*, from Ghana / S. O. Yeboah, Y. C. Mitei, J. C. Ngila [et al.] // *Food Research International*. – 2012. – Vol. 47, № 2. – P. 259–266. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.06.036>.
18. Effect of regular consumption of tiger nut (*Cyperus esculentus*) on insulin resistance and tumor necrosis factor-alpha in obese type2 diabetic Egyptian women / S. M. El Shebini, M. I. A. Moaty, S. T. Tapoza [et al.] // *Medical Journal Cairo University*. – 2010. – Vol. 78. – P. 604–614.
19. Short term effect of (*Cyperus esculentus*) supplement on body weight, insulin sensitivity and serum lipoproteins in Egyptian obese patients / S. M. El Shebini, M. I. A. Moaty, S. T. Tapoza [et al.] // *International Journal of Academic Research*. – 2011. – Vol. 3. – P. 539–544.

20. Чуфа - Тигровый орех - Земляной миндаль [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.chufa.ru>. – Дата обращения: 20.02.2019.

References

1. Dial LA, Musher-Eizenman DR. Healthy? Tasty? Children's evaluative categorization of novel foods. *Cognitive Development*. 2019;50:36–48. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cogdev.2019.02.001>.
2. Shemetova EV, Boytsova TM. Schoolchildren nutrition of Primorsky Krai: current situation, quality, monitoring. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2017;45(2):112–118. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21179/2074-9414-2017-3-112-118>.
3. Zdravookhraneniye v Rossii. 2015: Statisticheskiy sbornik [Health care in Russia. 2015: A statistical compilation]. Moscow: Rosstat; 2015. 174 p. (In Russ.).
4. Smirnov SO, Fazullina OF. Formula and Technology Development for Obtaining Biologically Active Natural Food Additives. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2018;48(3):105–114. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-3-105-114>.
5. Novikov VS, Karkishchenko VN, Shustov EB. Funktsional'noe pitaniye cheloveka pri ehkstremaal'nykh vozdeystviyakh [Functional nutrition for people under extreme conditions]. St. Petersburg: Politehnika-print; 2017. 346 p. (In Russ.).
6. Wang ZY, Liu JG, Li H, Yang HM. Pharmacological Effects of Active Components of Chinese Herbal Medicine in the Treatment of Alzheimer's Disease: A Review. *American Journal of Chinese Medicine*. 2016;44(8):1525–1541. DOI: <https://doi.org/10.1142/S0192415X16500853>.
7. Hygreeva D, Pandey MC, Radhakrishna K. Potential applications of plant based derivatives as fat replacers, antioxidants and antimicrobials in fresh and processed meat products. *Meat Science*. 2014;98(1):47–57. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.04.006>.
8. Mykhailenko O, Kovalyov V, Goryacha O, Ivanauskas L, Georgiyants V. Biologically active compounds and pharmacological activities of species of the genus *Crocus*: A review. *Phytochemistry*. 2019;162:56–89. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2019.02.004>.
9. Gurinovich GV, Sannikov PV, Patrakova IS. Oxidation Processes of Combined Meat Systems with Poultry Meat and Flaxseed Flour. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2018;48(3):41–49. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-3-41-49>.
10. Mariutti LRB, Bragagnolo N. Influence of salt on lipid oxidation in meat and seafood products: A review. *Food Research International*. 2017;94:90–100. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.02.003>.
11. Mayurnikova LA, Zinchuk SF, Davydenko NI, Gilmulina SA. Development of a functional basis of phyto-beverages with an increased antioxidant activity for the correction of nutrition of patients with diabetes mellitus. *Foods and Raw Materials*. 2017;5(2):178–188. DOI: <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2017-2-178-188>.
12. Smertina ES, Fedyanina LN, Zinatyllina CF, Lyah VA. Evaluation of the use of plant adaptogen as a functional ingredient for creating bread of therapeutic and prophylactic purpose. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2014;33(2):88–92. (In Russ.).
13. Poznyakovskiy VM, Chugunova OV, Tomova MYu. Pishchevye ingredienty i biologicheski aktivnye dobavki [Food ingredients and dietary supplements]. Moscow: INFRA-M; 2017. 143 p. (In Russ.).
14. Vekovcev AA, Podzorova GA, Kaz'mina AYu, Poznyakovskiy VM. Field studies of the effectiveness of dietary supplements with aimed functional properties. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2015;37(2):67–74. (In Russ.).
15. Gagaoua M, Boudechicha H-R. Ethnic meat products of the North African and Mediterranean countries: An overview. *Journal of Ethnic Foods*. 2018;5(2):83–98. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jef.2018.02.004>.
16. Codina-Torrella I, Guamis B, Trujillo AJ. Characterization and comparison of tiger nuts (*Cyperus esculentus* L.) from different geographical origin: Physico-chemical characteristics and protein fractionation. *Industrial Crops and Products*. 2015;65:406–414. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.11.007>.
17. Yeboah SO, Mitei YC, Ngila JC, Wessjohann L, Schmidt J. Compositional and structural studies of the oils from two edible seeds: Tiger nut, *Cyperus esculentus*, and asiato, *Pachira insignis*, from Ghana. *Food Research International*. 2012;47(2):259–266. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.06.036>.
18. El Shebini SM, Moaty MIA, Tapoza ST, Hanna LM, Mohamed HI, Raslan HM. Effect of regular consumption of tiger nut (*Cyperus esculentus*) on insulin resistance and tumor necrosis factor-alpha in obese type2 diabetic Egyptian women. *Medical Journal Cairo University*. 2010;78:604–614.
19. El Shebini SM, Moaty MIA, Tapoza ST, Hanna LM, Mohamed HI, Raslan HM. Short term effect of (*Cyperus esculentus*) supplement on body weight, insulin sensitivity and serum lipoproteins in Egyptian obese patients. *International Journal of Academic Research*. 2011;3:539–544.
20. Чуфа - Тигровый орех - Земляной миндаль' [Chufa – tiger nut – earth almond] [Internet]. [cited 2019 Feb 20]. Available from: <https://www.chufa.ru>.

Сведения об авторах


Бобренева Ирина Владимировна

д-р техн. наук, профессор кафедры технологий и биотехнологии продуктов питания животного происхождения, ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств», 125080, Россия, г. Москва, Волоколамское шоссе, 11, тел.: +7 (499) 750-01-11, e-mail: dara56@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-2335-3760>

Баюми Ахмед Адель


аспирант кафедры технологий и биотехнологии продуктов питания животного происхождения, ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств», 125080, Россия, г. Москва, Волоколамское шоссе, 11, тел.: +7 (925) 359-04-88, e-mail: ahmedadel35@yahoo.com

 <https://orcid.org/0000-0002-2909-603X>

Information about the authors


Irina V. Bobreneva

Dr.Sci.(Eng.), Professor of the Department of Technology and Biotechnology of Food of Animal Origin, Moscow State University of Food Production, 11, Volokolamskoe Shosse, Moscow, 125080, Russia, phone: +7 (499) 750-01-11, e-mail: dara56@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-2335-3760>

Ahmed Adel Baioumy

Postgraduate Student of the Department of Technology and Biotechnology of Food of Animal Origin, Moscow State University of Food Production, 11, Volokolamskoe Shosse, Moscow, 125080, Russia, phone: +7 (925) 359-04-88, e-mail: ahmedadel35@yahoo.com

 <https://orcid.org/0000-0002-2909-603X>

Разработка технологии производства хлебобулочных изделий повышенной пищевой ценности¹

В. А. Буховец^{1,*}, Д. В. Ефимова¹, Л. В. Давыдова²

¹ ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет им. Н. И. Вавилова»,
410012, Россия, г. Саратов, Театральная площадь, 1

² ОАО «Знак хлеба»,
410002, Россия, г. Саратов, ул. Чернышевского, 90

Дата поступления в редакцию: 01.04.2019
Дата принятия в печать: 21.06.2019

*e-mail: vbuhovets@yandex.ru



© В. А. Буховец, Д. В. Ефимова, Л. В. Давыдова, 2019

Аннотация. Статья посвящена исследованиям по разработке хлебобулочных изделий повышенной пищевой ценности. В ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет им. Н. И. Вавилова» проводятся исследования по разработке хлебобулочных изделий повышенной пищевой ценности по ускоренным технологиям. Разработка новых хлебобулочных изделий, способствующих сохранению и укреплению здоровья человека с учетом его физиологических потребностей, является одним из приоритетных направлений пищевой промышленности. В последнее время широкое распространение получают предприятия малой мощности, производящие хлебобулочные изделия в местах более активного потребительского спроса. Вместе с тем, продолжается внедрение мини-пекарен, специализированных на ассортименте, дополняющем продукцию хлебозаводов заварными хлебами, булочными, сдобными, диетическими, функциональными, профилактическими и мучными кондитерскими изделиями. Яблочный сок является одним из самых доступных в России, так как у него невысокая цена, а яблоко – распространенный фрукт. Он имеет большое преимущество перед другими, так как содержит богатый набор минералов, витаминов, ферментов, органических кислот. Целью исследований явилась разработка хлебобулочных изделий по ускоренной технологии с добавлением яблочного сока, которые можно рекомендовать малым предприятиям для расширения ассортимента с применением отечественных обогатителей. Объектами исследований являлись образцы хлеба приготовленного с заменой части воды на яблочный сок, приготовленные по «холодной» технологии. Проведены исследования по определению органолептических и физико-химических свойств готовых изделий, определена пищевая ценность и химический состав изделий. Установлена наилучшая дозировка яблочного сока для сохранения лучших потребительских свойств и удовлетворения суточной потребности человека в нутриентах. Таким образом, в ведение в рецептуру хлебобулочных изделий натуральных добавок с целью создания продуктов профилактического питания, является актуальным направлением развития хлебопекарной промышленности.

Ключевые слова. Хлеб, сок, технологии, цвет, деформация, пористость, вкус

Для цитирования: Буховец, В. А. Разработка технологии производства хлебобулочных изделий повышенной пищевой ценности / В. А. Буховец, Д. В. Ефимова, Л. В. Давыдова // Техника и технология пищевых производств. – 2019. – Т. 49, № 2. – С. 193–200. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-2-193-200>.

Original article

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

New Production Technology for Nutritionally Enhanced Bakery Products

V.A. Bukhovets^{1,*}, D.V. Yefimova¹, L.V. Davydova²

¹ Vavilov Saratov State Agrarian University,
1, Teatralnaya square, Saratov, 410012, Russia

² 'Znak hleba',
90, Chernyshevskogo Srt., Saratov, 410002, Russia

Received: April 01, 2019
Accepted: June 21, 2019

*e-mail: vbuhovets@yandex.ru



© V.A. Bukhovets, D.V. Yefimova, L.V. Davydova, 2019

Abstract. The paper features nutritionally enhanced bakery products. N.I. Vavilov Saratov State Agricultural University conducts a series of research on the development of accelerated technologies for nutritionally enhanced bakery products. One of the main objectives of food industry is to develop healthy bakery products. Small power bakeries located in places of high demand are

¹ Материал опубликован в рамках II Международного симпозиума «Инновации в пищевой биотехнологии». 13–14 мая 2019 г., Кемерово, Кемеровский государственный университет.

getting very popular. Mini-bakeries specialize in complementing products, e.g. malt rye bread and sweet rolls, as well as dietary, functional, and preventive bakery products. In Russia, apple juice is cheap and available, since apples are extremely widespread. Nevertheless, apple juice is rich in minerals, vitamins, enzymes, and organic acids. The authors developed an accelerated technology for bakery products fortified with apple juice. The technology can be used by small enterprises that would like to expand their product range with the help of domestic fortifiers. The experiment involved samples of cold technology bread, in which water was partially substituted with apple juice. The samples were tested on sensory, physical, and chemical properties. The article describes the effect of apple juice on the structural and mechanical characteristics of the samples, i.e. viscosity, shear velocity, crumb, shelf life, rheological properties, general and plastic deformation, etc. The research revealed that apple juice affects the discoloration of the bakery product, i.e. degree of whiteness, chromaticity, and other color characteristics. Consumer properties were tested by panelists. The experiment defined the nutrition value and chemical composition of the product and established the optimal dosage of apple juice in the formulation, which could maintain the best consumer properties and satisfy the daily requirement for nutrients. Thus, bakery products fortified with apple juice can contribute to the development of baking industry.

Keywords. Bread, juice, technologies, color, deformation, porosity, taste

For citation: Bukhovets VA, Yefimova DV, Davydova LV. New Production Technology for Nutritionally Enhanced Bakery Products. Food Processing: Techniques and Technology. 2019;49(2):193–200. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-2-193-200>.

Введение

Хлебопекарная промышленность РФ является важнейшей из отраслей народного хозяйства. Неуклонно растут темпы ее развития в сторону расширения ассортимента изделий повышенной пищевой ценности, улучшения свойств готовой продукции.

Современный человек испытывает дефицит витаминов, минеральных веществ, пищевых волокон. Качество пищи оказывает определяющее влияние на длительность жизни и поддержание активного состояния человека. Задачами утвержденных правительством «Основ государственной политики Российской Федерации в области здорового питания населения на период до 2020 года» являются: «укрепление здоровья населения; профилактика заболеваний, обусловленных неполноценным и несбалансированным питанием; ... расширение отечественного производства основных видов продовольственного сырья, отвечающего современным требованиям качества и безопасности; развитие производства пищевых продуктов, обогащенных незаменимыми компонентами, специализированных продуктов детского питания, продуктов функционального назначения, диетических, лечебных и профилактических; разработка и внедрение в сельское хозяйство, и пищевую промышленность инновационных технологий, включая био- и нанотехнологии» [20].

Поэтому огромное значение имеет рацион питания населения, направленный на сохранение его здоровья.

Использование отечественного сырья как ингредиента в рецептуре хлебобулочных изделий в условиях экономического кризиса – одна из актуальных задач, стоящих перед предприятиями.

В связи с этим особое внимание привлекают технологии хлебобулочных изделий с применением сырья отечественного производства.

Целью исследования являлась разработка технологии производства хлебобулочных изделий повышенной пищевой ценности ускоренным способом.

Задачи исследования: разработка рецептуры хлебобулочных изделий с яблочным соком ускоренным способом приготовления теста; изучение влияния

яблочного сока на качество полуфабрикатов и готовых изделий; определение пищевой ценности готовых изделий.

Объекты и методы исследования

Объектами исследований являлись:

- мука пшеничная высшего сорта (ГОСТ 52189-2003), дрожжи хлебопекарные прессованные (ГОСТ 54731-2011), соль поваренная пищевая (ГОСТ Р 51574-2018), сок яблочный (ГОСТ Р 32101-2013), вода питьевая (СанПиН 2.1.4.1074–01);
- образцы теста приготовленные с заменой воды на яблочный сок;
- готовые хлебобулочные изделия.

Органолептические показатели хлебобулочных изделий, приготовленных по разным вариантам, определяли по ГОСТ 27842-88. Физико-химические показатели – по ГОСТ 21094-75, ГОСТ 5669-96, ГОСТ 5670-96 [1].

Реологические свойства образцов были определены на реометре Anton Paar Physica 102 (Австрия). Оценка цвета была проведена на колориметре NR-110 (Китай).

Сравнительную балльную дегустационную оценку разработанных изделий проводили методом дифференциального органолептического анализа по пяти-балльной шкале. Рассчитывали пищевую ценность готовых изделий [9].

Все опыты проводили в 3 кратной повторности. Вычисления проводили на персональном компьютере с помощью пакета прикладных программ MS Excel.

Исследование сырья, полуфабрикатов и готовых изделий проводили в лабораторных условиях на кафедре технологий продуктов питания и в учебно-научно-испытательной лаборатории по определению качества пищевой и с-х. продукции ФГБОУ ВО Саратовского государственного аграрного университета им. Н. И. Вавилова.

Результаты и их обсуждение

Яблочный сок является одним из самых доступных, так как у него невысокая цена, а яблоко самый распространенный фрукт. Он имеет большое преимущество перед другими, так как содержит богатый

набор минералов и витаминов, ферментов, органических кислот. Природные ферменты помогают переваривать пищу. Натуральные пектины нормализуют работу кишечника и очищают организм от шлаков и вредных веществ. Органические кислоты способствуют выработке желудочного сока, обладают желчегонным действием, а природные энзимы улучшают пищеварение. При постоянном употреблении яблочного сока улучшается состояние кожи, волос, ногтей, укрепляется иммунитет, повышается гемоглобин, нормализуется жировой обмен, очищается кровь от холестерина [3, 4, 9–11].

Свежевыжатый яблочный сок обладает антиоксидантными свойствами, тонизирует нервную систему и повышает жизненный тонус. Применяется как профилактическое средство при инфарктах и инсультах, а также для восстановления организма от тяжелых болезней и операций [13, 17].

Сладкий вкус сока обусловлен содержанием в яблоках простых сахаров глюкозы и фруктозы, что позволяет не использовать сахарозу при производстве хлебобулочных изделий.

Кислый вкус яблок определяют, содержащиеся в них, органические кислоты (до 70 % яблочная кислота), позволяющие не прибегать к химическим окислителям.

В последнее время возрос интерес к приготовлению теста ускоренными способами. Использование ускоренных способов сокращает продолжительность процесса тестоприготовления. Интенсификация микробиологических, коллоидных и химических процессов при приготовлении теста достигается применением хлебопекарных улучшителей-интенсификаторов брожения [2, 18].

Для проведения исследования был выбран зимний сорт «Ренет Симиренко». Достоинства сорта: засухоустойчивость, высокая урожайность, раннее вступление в плодоношение, длительная лежкость плодов, ветроустойчивость, плоды зеленого цвета [13, 14, 16]. Мякоть белая, нежная, сочная, винносладкая, с приятным пряным привкусом.

Технологический процесс производства хлебобулочных изделий включал несколько этапов.

На первом этапе осуществляли приготовление сока из свежих яблок сорта «Ренет Симиренко». Яблочный сок получали путем дробления сырья (измельчения яблок до образования мезги), затем яблоки прессовали и получали яблочный сок на соковыжималке RCJ– 708.

Второй этап – явилось приготовление теста. За основу была выбрана рецептура хлеба пшеничного высшего сорта (ГОСТ 27842-88). Опытные пробы готовили: контроль без добавления яблочного сока (образец № 1), с дозировкой яблочного сока 30 % (образец № 2), 50 % (образец № 3), 100 % (образец № 4) от общего количества воды, начальная температура теста 19–20 °С. Созревание теста осуществлялось при его хранении в течение 8–10 часов при температуре 2–4 °С. Для приготовления пшеничного теста применяли безопасный способ тестоведения [1, 5]. Анализ готовых изделий проводили через 4 часа после выпечки.

Таблица 1. Влияние дозировки яблочного сока на качество готовых хлебобулочных изделий

Table 1. Effect of the dosage of apple juice on the quality of the bakery products

Показатели	Контроль	Дозировка яблочного сока		
		30 %	50 %	100 %
Физико-химические свойства				
Влажность, %	33	33	33	33
Кислотность, град	2,2	2,2	2,4	2,6
Пористость, %	73	73	75	76

На основании разработанных рецептов были получены опытные образцы хлебобулочных изделий и определены их физико-химические показатели (табл. 1).

Из таблицы видно, что с увеличением дозировки добавки повышалась кислотность изделий. Это оказывает влияние на увеличение пористости изделий на 0 %, 2,7 %, 4,1 %, по сравнению с контролем, что ведет к увеличению усвояемости хлебобулочных изделий.

Зависимость вязкости системы от скорости сдвига образцов была определена на реометре Anton Paar Physica 102 (Австрия) с использованием параллельной геометрии диаметром 20 мм при 22 °С. Сам прибор предназначен для измерений сдвиговых структурно-механических характеристик. Реометр может работать как в режиме контроля скорости сдвига (режим CSR), так и в режиме контроля напряжения сдвига (режим CSS). Измерительная ячейка прибора представляет собой систему коаксиальных цилиндров, состоящую из наружного неподвижного цилиндра с, погруженным в него, цилиндрическим ротором.

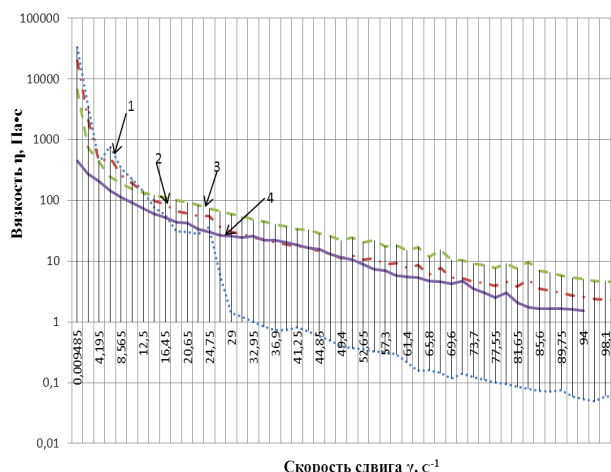


Рисунок 1. Зависимость вязкости теста от скорости сдвига 1 – контрольный образец; 2 – образец с добавлением 30 % яблочного сока; 3 – образец с добавлением 50 % яблочного сока; 4 – образец с добавлением 100 % яблочного сока

Figure 1. Effect of shear velocity on dough viscosity 1 – control sample; 2 – sample with 30% of apple juice; 3 – sample with 50% of apple juice; 4 – sample with 100% of apple juice

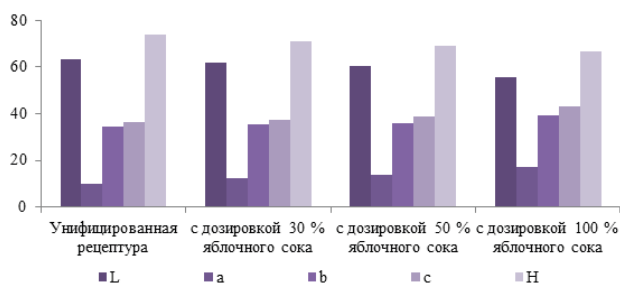


Рисунок 2. Зависимость изменения цвета готовых изделий от дозировки добавки

Figure 2. Effect of the dosage of the apple juice on the color change of the finished products

Диаметр внутреннего цилиндра – 26,7 мм, внешнего – 28,9 мм, зазор между цилиндрами – 1,13 мм. Исследуемая среда помещалась в кольцевом зазоре цилиндров и термостатировалась. Задавалась скорость вращения внутреннего цилиндра, по которому рассчитывалось напряжение сдвига. Обработка полученных данных осуществлялась через компьютер с помощью специального программного обеспечения Rheo Plus.

По полученным экспериментальным данным построили кривые течения полученных зависимостей динамической вязкости теста (η) от скорости сдвига ($\dot{\gamma}$) при температуре 22 °С (рис. 1).

Анализ результатов показывает, что с увеличением скорости сдвига вязкость уменьшается, что характерно для пшеничного теста. Из графика следует, что при добавлении сока не происходит резкого падения вязкости с увеличением скорости сдвига. Это свидетельствует об упрочнении структуры теста и благотворно влияет на разделку полуфабрикатов.

С внесением яблочного сока изменялись органолептические показатели готовых изделий. Выявляли зависимость изменения цвета выпеченного изделия от дозировки яблочного сока.

Оценка цвета была проведена на колориметре NR-110. На дисплее колориметра отображается одновременно вся информация о результатах измерений: абсолютные численные значения в координатах двух цветовых пространств, различие в цвете по каждому из параметров, суммарное цветовое различие, словесное

Таблица 2. Влияние рецептурных компонентов на изменение общей деформации мякиша хлеба в процессе хранения

Table 2. Effect of components on the change in the total deformation of the crumb during storage

Продолжительность хранения, ч	Значения общей деформации $H_{\text{общ}}$ мякиша хлеба, мм			
	Контрольный образец	Опытные пробы, %		
		30	50	100
4	39,15	39,37	39,58	39,83
24	38,27	38,27	38,26	38,26
48	38,36	38,28	38,19	38,18
72	38,26	37,87	37,47	37,46

описание цветового различия, графическое изображение отклонения светлоты и цвета образца от эталона в координатах цветового пространства.

Все измерения осуществляли с помощью перфорации, толщина которой составляет 4 мм. Колориметр NR-110 имеет светодиодный осветитель, обладающий высокой светоотдачей, благодаря чему зона измерения может освещаться непрерывно, для улучшения визуальной оценки и точного выбора зоны измерения. Различные цветовые гаммы представлены в шкалах L^* , $+a^*$, $-a^*$, $+b^*$, $-b^*$, представляющих степень белого, красного, зеленого, желтого и синего цветов. Изначально прибор был откалиброван со значениями цветовой гаммы $Y = 93,13$; $x = 0,3138$; $y = 0,3199$.

Цвет образцов, по сравнению с коммерческим образцом, определялся путем расчета степени белизны, цветности (C^*), угла цветового тона (h_{ab}) и общей характеристики цвета ΔE . Результаты измерений представлены на рисунке 2, где L = ось светлоты (0 – черный, 100 – белый); a = красный-зеленый; b = синий-желтый; c – степень цветности; h – угол цветового тона [6, 7, 15, 21].

Зависимость изменения цвета готовых изделий от дозировки яблочного сока представлена на рисунке 2.

Из полученных результатов установлено, что с добавлением яблочного сока ось светлоты уменьшается, преобладает коричневый цвет. Показатели красный-зеленый и синий-желтый увеличиваются. Это связано с тем, что увеличение добавки обуславливается увеличением сахаров и красящих пигментов. Изделие приобретает приятный для покупателя светло-оранжево-коричневый цвет.

Деформацию мякиша хлеба определяли с помощью Brookfield CT3 TextureAnalyzer с датчиком нагрузки 5 кг (США). Индентором служил цилиндрический алюминиевый зонд (диаметром 6 мм) для сжатия образца со скоростью 1,5 мм/с и деформацией сжатия до 30 % от первоначальной высоты образца. Все эксперименты проводились при комнатной температуре 22 ± 1 °С.

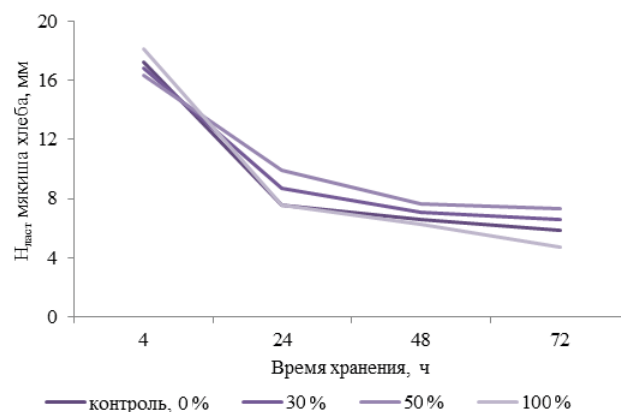


Рисунок 3. Зависимость пластической деформации мякиша хлеба от сроков хранения испытываемых образцов

Figure 3. Effect of shelf life on the plastic deformation of the crumb

Таблица 3. Влияние рецептурных компонентов на изменение пластичности мякиша хлеба в процессе хранения

Table 3. Effect of components on the change in plasticity of the bread crumb during storage

Продолжительность хранения, ч	Значения пластичности мякиша $\Delta H (H_{\text{пласт}}/H_{\text{общ}})$			
	Контрольный образец	Опытные пробы, %		
		30	50	100
4	0,44	0,42	0,41	0,45
24	0,19	0,23	0,25	0,19
48	0,17	0,18	0,18	0,16
72	0,15	0,17	0,19	0,12

Принцип действия анализаторов основан на преобразовании датчиком нагрузки, приложенной к испытываемому образцу, в аналоговый электрический сигнал, изменяющийся пропорционально этой нагрузке. Приложенная нагрузка, создаваемая анализатором, деформирует испытуемый образец. При этом производится измерение значения величины этой нагрузки. За окончательный результат принимали среднее арифметическое значение результатов трех определений, которые представлены в таблицах и рисунках.

По полученным экспериментальным данным установлено, что через 4 часа максимальные показатели общей деформации имел образец со 100 % содержанием яблочного сока. Что является следствием содержания в яблочном соке пектина, способного образовывать гели и повышать водопоглотительную способность муки. Общая деформация уменьшалась со временем. Это говорит об упрочнении структуры хлеба. С увеличением срока хранения наибольшими показателями обладал контрольный образец и образец с 30 % сока (табл. 2).

Результаты исследований пластической деформации показали, что максимальные значения пластической деформации в период всего процесса хранения проявлялись у образцов с добавлением 50 % и 30 % яблочного сока.

С увеличением срока хранения величина пластической деформации у всех образцов уменьшалась (рис. 3).

Уменьшение пластической деформации объясняется ретроградацией частично клейстеризованного крахмала мякиша хлеба.

Пластичность мякиша в исследуемых образцах в процессе хранения у всех проб снижается (табл. 3).

Таблица 4. Микробиологические показатели хлебобулочных изделий

Table 4. Microbiological indicators of the bakery products

Продолжительность хранения, ч	КМАФАНМ, КОЕ/г, для хлеба	
	Пшеничный хлеб	Хлеб с содержанием яблочного сока 30 %
24	$0,9 \times 10^3$	$0,3 \times 10^3$
48	$1,7 \times 10^3$	$0,8 \times 10^3$
72	$2,6 \times 10^3$	$1,7 \times 10^3$

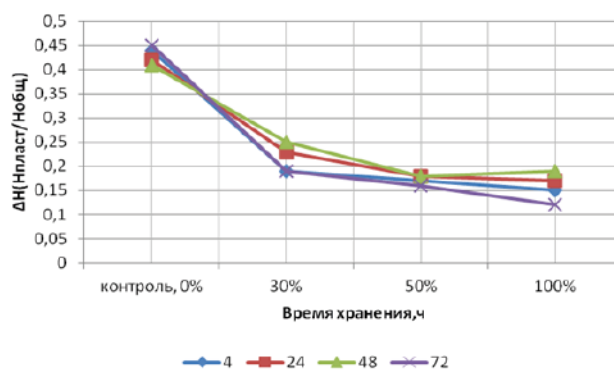


Рисунок 4. Зависимость пластичности мякиша $\Delta H (H_{\text{пласт}}/H_{\text{общ}})$ от сроков хранения испытуемых образцов

Figure 4. Effect of the shelf life on the plasticity of the crumb $\Delta H (H_{\text{plasticity}}/H_{\text{general}})$

Относительная величина – пластичность зависит от отношения пластической и общей деформации. Внесение яблочного сока 30 % и 50 % увеличивало относительный показатель – пластичность мякиша $\Delta H (H_{\text{пласт}}/H_{\text{общ}})$ по сравнению с контрольным образцом в период хранения.

Образец с внесением 100 % яблочного сока имел в процессе хранения наименьшие показатели. Это обусловлено наличием в составе сока гидрофильных функциональных групп: карбоксильных и гидрофильных (рис. 4).

Изменение количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМА-ФАНМ) определяли в течение 72 ч хранения упакованных в полиэтиленовый пакет хлебобулочных изделий.

Микробиологическая обсемененность хлебобулочных изделий возрастала на протяжении всего периода хранения (табл. 4).

Через 72 ч хранения хлеб с яблочным соком ($1,7 \times 10^3$ КОЕ/г) обладал большей микробиологиче-

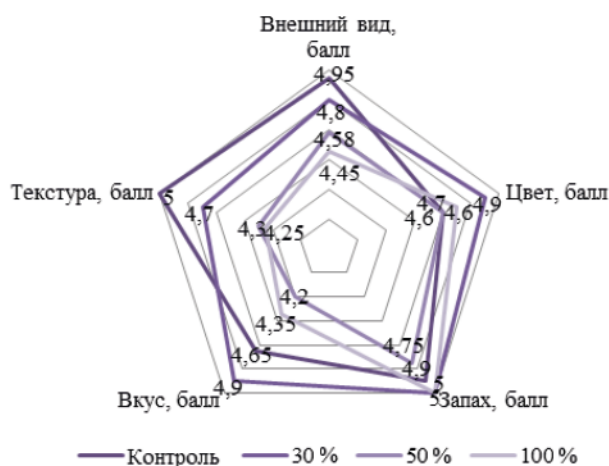


Рисунок 5. Результаты сравнительной дегустационной оценки хлебобулочных изделий

Figure 5. Results of the comparative tasting assessment of the bakery products

Таблица 6. Сравнительная характеристика состава готовых изделий

Table 3. Comparative characteristics of the composition of the finished products

Пищевые вещества	Химический состав готового продукта		Степень удовлетворения в суточной потребности человека (пищевая ценность), %	
	Хлеб из муки высшего сорта, мг на 100 г продукта	Хлеб с добавлением 30 % яблочного сока, мг на 100 г продукта	Хлеб из муки высшего сорта, мг на 100 г продукта	Хлеб с добавлением 30 % яблочного сока, мг на 100 г продукта
Содержание витаминов:				
V ₁	0,05	0,17	3,33	11,33
V ₂	0,04	0,05	2,22	2,78
V ₆	0,16	0,17	5,33	5,67
V ₉	27,60	27,92	13,8	13,96
PP	2,76	2,81	13,8	14,05
Содержание микроэлементов:				
Железо	1,20	1,62	8,57	11,57
Кальций	18,00	20,10	1,8	2,01
Магний	16,00	17,2	4,00	4,30
Натрий	296,65	344,41	12,36	14,35
Фосфор	69,14	81,19	6,91	8,12
Калий	122,00	156,00	3,49	4,46

ской чистотой, по сравнению с хлебом пшеничным ($2,6 \times 10^3$ КОЕ/г), что обусловлено наличием кислот в яблочном соке.

Для оценки потребительских свойств была проведена дегустационная оценка образцов хлебобулочных изделий, полученных с добавлением яблочного сока. Внешний вид и органолептические показатели качества изделий респонденты оценивали по 5 балльной шкале (рис. 5).

Дегустационная оценка исследуемых образцов показала, что все образцы с добавлением яблочного сока отличались от контрольного. При внесении 30 % яблочного сока цвет, запах, вкус изделий более ярко выражен. При внесении 50 % яблочного сока цвет мякиша затемняется, а при внесении 100 % ухудшается внешний вид изделия. Таким образом, наибольший средний балл получили изделия с добавкой 30 % яблочного сока.

Была рассчитана пищевая ценность образцов, определены витамины группы В для изделий с добавлением яблочного сока 30 % (табл. 6) [6, 8, 19].

Хлебобулочные изделия с содержанием 30 % яблочного сока покрывают суточную потребность человека в витаминах (V₁ на 8 %, V₆ на 0,56 %) и микро-

элементах (железо на 3 %, магний на 0,3 %) больше, чем контрольные образцы.

Выводы

На основании представленных исследований показана возможность и перспективность использования яблочного сока при составлении рецептов для производства пшеничных хлебобулочных изделий по ускоренным технологиям тестоведения. Наилучшие органолептические и физико-химические показатели качества имели изделия с дозировкой яблочного сока в 30 %.

Использование яблочного сока в производстве хлебобулочных изделий позволяет регулировать химический состав изделий, повысить их пищевую ценность, увеличить микробиологическую чистоту хлеба, замедлить процесс черствения изделий и расширить ассортимент новых видов изделий повышенной пищевой ценности. Разработанная рецептура рекомендуется для массового и профилактического питания при недостатке витаминов и минеральных веществ.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Пат. 2006.01 Российская Федерация, МПК А21D8/02. Способ приготовления пшеничных хлебобулочных изделий / Буховец В. А., Гольдыбина Д. В. – № 2614989; заявл. 24.02.2016; опубл. 03.04.2017.
2. Богер, В. Ю. Технология производства мелкоштучных булочных изделий на основе частично выпеченных полуфабрикатов / В. Ю. Богер, А. С. Романов, Н. С. Мартыненко // Техника и технология пищевых производств. – 2012. – Т. 24, № 1. – С. 14–19.
3. Кузнецова, А. С. Функциональная роль лечебно-профилактического питания в системе российского здравоохранения / А. С. Кузнецова // Управление экономическими системами: электронный научный журнал. – 2011. – Т. 36, № 12. – С. 119.
4. Функциональные продукты питания: особенности современного развития пищевых технологий / В. К. Малышев, Т. И. Демидова, А. П. Нечаев [и др.] // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2012. – № 6. – С. 51–52.
5. СТО 00493497-004-2018 «Хлебобулочные изделия с яблочным соком».

6. Разработка технологических решений использования продуктов переработки из корнеплодов в производстве бисквита / М. К. Садыгова, В. А. Буховец, А. В. Бороздина [и др.] // *Естественные и технические науки*. – 2018. – Т. 117, № 3. – С. 109–113.
7. Влияние нетрадиционных видов сырья на технологические показатели теста и качество хлеба / Х. Ю. Батушева, С. И. Лукина, Е. И. Пономарева [и др.] // *Известия высших учебных заведений. Пищевая технология*. – 2016. – Т. 352, № 4. – С. 21–24.
8. Оценка пищевой ценности хлебопекарных смесей и зернового хлеба на их основе / Н. Н. Алехина, Е. И. Пономарева, И. М. Жаркова [и др.] // *Известия высших учебных заведений. Пищевая технология*. – 2019. – Т. 367, № 1. – С. 10–14.
9. Разработка комплексного рациона с применением смеси быстрого приготовления для целевой группы потребителей с предрасположенностью к сердечно-сосудистым и эндокринным заболеваниям / В. Н. Иванова, И. А. Никитин, Н. М. Портнов [и др.] // *Пищевая промышленность*. – 2019. – № 3. – С. 62–67.
10. Цыганова, Т. Б. Теория функциональных систем как методологическая основа концепции функционального питания человека / Т. Б. Цыганова, С. Я. Классина // *Тюменский медицинский журнал*. – 2016. – Т. 18, № 3. – С. 3–8.
11. Цыганова, Т. Б. Функциональные ингредиенты для хлебобулочных изделий / Т. Б. Цыганова, В. В. Тарасова // *Кондитерское и хлебопекарное производство*. – 2015. – Т. 157, № 5–6. – С. 6–8.
12. Технология переработки яблок на сок прямого отжима и пюре / О. В. Перфилова, В. А. Бабушкин, Г. О. Магомедов [и др.] // *Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания*. – 2016. – Т. 11, № 3. – С. 82–85.
13. Оценка функциональных свойств малоиспользуемого местного растительного сырья и продуктов его переработки / В. Ф. Винницкая, Д. В. Акишин, О. В. Перфилова [и др.] // *Вестник Мичуринского государственного аграрного университета*. – 2017. – № 3. – С. 112–117.
14. Винницкая, В. Ф. Технология функциональных и специализированных продуктов питания с использованием адаптивного сортимента местного растительного сырья: монография / В. Ф. Винницкая, О. В. Перфилова. – Мичуринск : Мичуринский государственный аграрный университет, 2018. – 184 с.
15. Ресурсосберегающая технология переработки яблок / О. В. Перфилова, В. А. Бабушкин, В. В. Ананских [и др.] // *Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания*. – 2017. – Т. 20, № 6. – С. 21–28.
16. Научно-практические аспекты применения плодово-ягодного сырья в технологии хлеба / Т. Н. Тертычная, Е. Ю. Мануковская, Е. Е. Курчаева [и др.] // *Технологии и товароведение сельскохозяйственной продукции*. – 2014. – № 3. – С. 29–33.
17. Golubtsova, Y. V. The use of Molecular Genetic Markers and PCR for DNA Diagnostics in Raw Materials Derived from Fruit and Berries / Y. V. Golubtsova // *Foods and Raw Materials*. – 2014. – Vol. 2, № 2. – P. 98–105. DOI: <https://doi.org/10.12737/5466>.
18. Korotkaya, E. V. Effect of freezing on the biochemical and enzymatic activity of lactobacillus bulgaricus / E. V. Korotkaya, I. A. Korotkiy // *Foods and Raw Materials*. – 2013. – Vol. 1, № 2. – P. 9–14. DOI: <https://doi.org/10.12737/2046>.
19. Kiryukhina, A. N. Specific development of the baking industry in Kemerovo oblast / A. N. Kiryukhina, N. M. Guk // *Foods and Raw Materials*. – 2013. – Vol. 1, № 2. – P. 89–96. DOI: <https://doi.org/10.12737/2061>.
20. Grain bread with buckwheat bran flour for a healthy diet / N. N. Alekhina, E. I. Ponomareva, S. I. Lukina [et al.] // *Journal of Engineering and Applied Sciences*. – 2016. – Vol. 11, № 12. – P. 2623–2627.


References

1. Bukhovets VA, Golyd'bina DV. Sposob prigotovleniya pshenichnykh khlebobulochnykh izdeliy [Method of preparation of wheat bakery products]. Russia patent RU 2614989. 2017.
2. Boger VYu, Romanov AS, Martynenko NS. Small piece bakery goods production technology based on partially baked semi-finished products. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2012;24(1):14–19. (In Russ.).
3. Kuznetsova AS. Functional role of a treatment-and-prophylactic food in system of the Russian public health services. *Management of economic system. Scientific electronic journal*. 2011;36(12):119. (In Russ.).
4. Malyshev VK, Demidova TI, Nechaev AP, Doronin AF, Andreeva AA. Functional foods: feature soft modern food technology. *Storage and processing of farm products*. 2012;(6):51–54. (In Russ.).
5. STO 00493497-004-2018. 'Khlebobulochnye izdeliya s yablochnym sokom' [STO 00493497-004-2018. 'Bakery products with apple juice'].
6. Sadygova MK, Bukhovets VA, Borozdina AV, Berezovskaya AA. Razrabotka tekhnologicheskikh resheniy ispol'zovaniya produktov pererabotki iz korneplodov v proizvodstve biskvita [Technological solutions for root crops derivative products in sponge-cake production]. *Natural and technical sciences*. 2018;117(3):109–113. (In Russ.).
7. Botasheva KhYu, Lukina SI, Ponomareva EI, Magomedov MG, Roslyakova KE. Influence of nontraditional raw materials on technological parameters of dough and bread quality. *News of institutes of higher education. Food technology*. 2016;352(4):21–24. (In Russ.).
8. Alekhina NN, Ponomareva EI, Zharkova IM, Polyanskiy KK, Zheltikova AS. Evaluation of the nutritional value of bakery mixes and grain bread on their basis. *News of institutes of higher education. Food technology*. 2019;367(1):10–14. (In Russ.).

9. Ivanova VN, Nikitin IA, Portnov NM, Klokonos MV, Falkov VV. Development of a complex diet with the use of instant food for a target group of consumers with a predisposition to cardiovascular and endocrine diseases. *Food Industry*. 2019;(3):62–67. (In Russ.).
10. Tsyganova TB, Klassina SYa. The theory of functional systems as a methodological basis of human functional food concept. *Tyumen Medical Journal*. 2016;18(3):3–8. (In Russ.).
11. Tsyganova TB, Tarasova VV. Funktsional'nye ingredienty dlya khlebobulochnykh izdeliy [Functional ingredients for bakery products]. *Confectionery and Baking Industry*. 2015;157(5–6):6–8. (In Russ.).
12. Perfilova OV, Babushkin VA, Magomedov GO, Magomedov MG. The technology of apple juice and sauce production. *Technologies of food and processing industry of AIC – healthy food*. 2016;11(3):82–85. (In Russ.).
13. Vinnitskaya VF, Akishin DV, Perfilova OV, Danilin CI. Evaluation of functional properties of little-used local plant raw materials and their derivative products. *Bulletin of Michurinsk State Agrarian University*. 2017;(3):112–117. (In Russ.).
14. Vinnitskaya VF, Perfilova OV. Tekhnologiya funktsional'nykh i spetsializirovannykh produktov pitaniya s ispol'zovaniem adaptivnogo sortimenta mestnogo rastitel'nogo syr'ya [Technology for functional and specialized foods with an adaptive assortment of local plant materials]. Michurinsk: Michurinsk State Agrarian University; 2018. 184 p. (In Russ.).
15. Perfilova OV, Babushkin VA, Ananskikh VV, Polshkova AV, Magomedov GO, Magomedov MG. Alternative technology of apples processing. *Technologies of food and processing industry of AIC – healthy food*. 2017;20(6):21–28. (In Russ.).
16. Tertychnaya TN, Manukovskaya EYu, Kurchaeva EE, Mazhulina IV, Charkina OA. Nauchno-prakticheskie aspekty primeneniya plodovo-yagodnogo syr'ya v tekhnologii khleba [Scientific and practical aspects of the use of fruit and berries in bread production technology]. *Tekhnologii i tovarovedenie sel'skokhozyaystvennoy produktsii* [Technologies and commodity research of agricultural products]. 2014;(3):29–33. (In Russ.).
17. Golubtsova YV. The use of Molecular Genetic Markers and PCR for DNA Diagnostics in Raw Materials Derived from Fruit and Berries. *Foods and Raw Materials*. 2014;2(2):98–105. DOI: <https://doi.org/10.12737/5466>.
18. Korotkaya EV, Korotkiy IA. Effect of freezing on the biochemical and enzymatic activity of *Lactobacillus bulgaricus*. *Foods and Raw Materials*. 2013;1(2):9–14. DOI: <https://doi.org/10.12737/2046>.
19. Kiryukhina AN, Guk NM. Specific development of the baking industry in Kemerovo oblast. *Foods and Raw Materials*. 2013;1(2):89–96. DOI: <https://doi.org/10.12737/2061>.
20. Alekhina NN, Ponomareva EI, Lukina SI, Smirnykh AA. Grain bread with buckwheat bran flour for a healthy diet. *Journal of Engineering and Applied Sciences*. 2016;11(12):2623–2627.

Сведения об авторах

Буховец Валентина Алексеевна

канд. техн. наук, доцент кафедры технологий продуктов питания, ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет им. Н. И. Вавилова», 410012, Россия, г. Саратов, Театральная площадь, 1, тел.: (8452) 23-32-92, e-mail: vbuhovets@yandex.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-9489-5508>

Ефимова Дарья Вячеславовна


магистр кафедры технологий продуктов питания, ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет им. Н. И. Вавилова», 410012, Россия, г. Саратов, Театральная площадь, 1, e-mail: golydbina94@mail.ru

Давыдова Людмила Владимировна

технолог, ОАО «Знак хлеба», 410002, Россия, г. Саратов, ул. Чернышевского, 90

Information about the authors

Valentina A. Bukhovets

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Department of Technology of food, Vavilov Saratov State Agrarian University, 1, Teatralnaya square, Saratov, 410012, Russia, phone: (8452) 23-32-92, e-mail: vbuhovets@yandex.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-9489-5508>

Darya V. Yefimova

Master of the Department of Technology of food, Vavilov Saratov State Agrarian University, 1, Teatralnaya square, Saratov, 410012, Russia, e-mail: golydbina94@mail.ru

Lyudmila V. Davydova

Technologist, 'Znak хлеба', 90, Chernyshevskogo Srt., Saratov, 410002, Russia

К вопросу об использовании пищевых волокон в сметанном продукте¹

О. И. Долматова*, А. В. Дошина

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий»,

Дата поступления в редакцию: 26.03.2019

394036, Россия, г. Воронеж, проспект Революции, 19

Дата принятия в печать: 21.06.2019

*e-mail: Olgadolmatova@rambler.ru



© О. И. Долматова, А. В. Дошина, 2019

Аннотация. Объем потребления сметаны в России ежегодно растет. По данным ФТС РФ, ФТС РФ, Tebiz Group, объемы производства сметаны в России за 2014–2018 гг. увеличились на 5,55 %. Однако производство сметаны остается ниже, чем ее потребление. Решением данной проблемы может стать выпуск сметанных продуктов, которые позволят восполнить недостающее количество сметаны, а добавление немолочных компонентов – придать продукту функциональную направленность. Авторы предлагают использовать в качестве функционального ингредиента клетчатку. Были изучены такие молочные продукты, как сметана и сметанный продукт с массовой долей жира 20 %, а также компоненты растительного происхождения: клетчатка «Витаминная поляна», клетчатка ржаная, клетчатка пшеничная, клетчатка пшеничная с солодкой, морковное пюре. В ходе технологического процесса получения сметанного продукта осуществляли подбор наиболее оптимального рецептурно-компонентного состава сметанного продукта. Применяли стандартные методы исследований по изучению органолептических, физико-химических и микробиологических показателей молочных продуктов. Установлено, что 2,5 % клетчатки в составе сметанного продукта улучшает его потребительские свойства, оставляя оригинальный вкус и запах продукта. В качестве цветокорректирующего и вкусоформирующего компонента использовали морковное пюре. Его дозировку определяли опытным путем. Наибольшую суммарную оценку получил образец сметанного продукта с массовой долей морковного пюре 5,0 %. Обогащенный сметанный продукт получали по технологической схеме производства сметаны с добавлением немолочных компонентов на стадии нормализации. Установлено, что образцы сметанного продукта с клетчаткой в наименьшие сроки восстанавливают структуру и характеризуются повышенным показателем вязкости по сравнению с контрольным образцом. Проведены выработки сметанного продукта с клетчаткой пшеничной с солодкой и морковным пюре. Опытные образцы сметанных продуктов и сметаны были заложены на хранение в течение 20 суток при температуре 6 ± 2 °С. Установлен срок годности сметанного продукта – 14 суток.

Ключевые слова. Сметанный продукт, пищевые волокна, клетчатка, технология, показатели качества

Для цитирования: Долматова, О. И. К вопросу об использовании пищевых волокон в сметанном продукте / О. И. Долматова, А. В. Дошина // Техника и технология пищевых производств. – 2019. – Т. 49, № 2. – С. 201–208. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-2-201-208>.

Original article

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

Dietary Fiber in Sour Cream Products

O.I. Dolmatova*, A.V. Doshina

Voronezh State University of Engineering Technologies,
19, Revolution Ave., Voronezh, 394036, Russia

Received: March 26, 2019

Accepted: June 21, 2019

*e-mail: val@bti.secna.ru



© O.I. Dolmatova, A.V. Doshina, 2019

Abstract. The consumption of sour cream in Russia is growing every year. According to the data obtained from the Federal State Statistics Service and the Federal Customs Service, the production volume of sour cream in Russia increased by 5.55% in 2014–2018. However, the production of sour cream remains lower than its consumption. The solution may be in production of sour cream products, which will make it possible to satisfy the demand, while non-dairy components will make the products functional. The authors propose to use fiber as a functional ingredient. The present research featured sour cream, a sour cream product with a 20% fat content, and such components of plant origin as fiber of Vitaminaya Polyana brand, rye fiber, wheat fiber, wheat fiber with licorice, and carrot puree. The authors selected the most optimal formula and composition for sour cream products. Standard research methods were used to study the sensory, physical, chemical, and microbiological indicators of the dairy products. The experiment revealed that 2.5% of fiber in the composition of sour cream product improved its consumer properties while preserving the original taste and smell of the product. Carrot puree was used as a color correcting and flavoring component. Its dosage was determined empirically. The sample of sour cream product with a carrot puree fraction of 5.0% received the highest overall rating. Fortified sour

¹ Материал опубликован в рамках II Международного симпозиума «Инновации в пищевой биотехнологии». 13–14 мая 2019 г., Кемерово, Кемеровский государственный университет.

cream was obtained according to the technological scheme of production of sour cream with the addition of non-dairy components at the standardizing stage. The samples of sour cream product with fiber were found to promptly restore its structure and were characterized by an increased viscosity index compared with the control sample. The research resulted in a sour cream product with wheat fiber, licorice, and carrot puree. Samples of sour cream products and sour cream were stored for 20 days at a temperature of 6 ± 2 °C. The study established the optimal shelf life as 14 days.

Keywords. Sour cream product, dietary fiber, fiber, technology, quality indicators

For citation: Dolmatova OI, Doshina AV. Dietary Fiber in Sour Cream Products. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2019;49(2):201–208. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-2-201-208>.

Введение

Современные молочные производства осуществляют комплексную переработку сырья, выпускают широкий ассортимент продуктов. Они оснащены механизированными и автоматизированными линиями, а также новейшим оборудованием и технологией производства. К основному ассортименту вырабатываемой продукции можно отнести молоко питьевое, кисломолочные напитки, сметану, творог и др.

Сметана является национальным продуктом. Объем потребления сметаны в России ежегодно растет. По данным ФСГС РФ, ФТС РФ, Tebiz Group, объемы производства сметаны в России за 2014–2018 гг. увеличились на 5,55 %. Однако производство сметаны остается ниже, чем ее потребление. Решением данной проблемы может стать выпуск сметанных продуктов, которые позволят восполнить недостающее количество сметаны, а добавление немолочных компонентов – придать продукту функциональную направленность [1].

В настоящее время комбинирование молочного и растительного сырья весьма актуально. Полезные свойства компонентов различного происхождения взаимно дополняют друг друга и придают готовому продукту новые функционально-технологические свойства: увеличение сроков годности продукта, снижение его себестоимости, улучшение потребительских качеств и др.

Известно, что сметана и сметанный продукт отличаются по консистенции. Одним из вариантов улучшения структуры сквашенных молочных продуктов является обогащение их пищевыми волокнами [2–5].

Богатые пищевыми волокнами рационы оказывают положительное влияние на здоровье человека, так как их потребление приводит к снижению риска возникновения ряда заболеваний. Источниками пищевых волокон служат различные злаковые культуры, фрукты, овощи и другие растительные объекты. Волокна значительно увеличивают объем потребляемой пищи без увеличения калорийности, так как, впитывая воду, многократно увеличиваются в объеме, тем самым оказывая воздействие на пищеварительный тракт. Это создает чувство полноты и сытости.

Авторы предлагают использовать в качестве функционального ингредиента клетчатку.

Объекты и методы исследования

Были изучены следующие молочные продукты: сметана и сметанный продукт с массовой долей жира 20 %, а также компоненты растительного происхож-

дения: клетчатка «Витаминная поляна», клетчатка ржаная, клетчатка пшеничная и клетчатка пшеничная с солодкой, морковное пюре.

Клетчатка «Витаминная поляна» содержит в своем составе оболочку пшеничного зерна, плоды яблока и шиповника, ягоды клюквы, черники и брусники. В 100 г продукта содержится: 8 г белка, 3 г жира, 5 г углеводов. Энергетическая ценность продукта – 334/80 кДж/ккал. Сочетание целебных свойств клетчатки и сибирских дикоросов благотворно влияет на обмен веществ и сопротивляемость различным заболеваниям. Регулярное потребление клетчатки улучшает работу кишечника, нормализует вес и обмен веществ, обогащает рацион растительными волокнами, предотвращает болезни, связанные с неправильным питанием, очищает пищеварительный тракт.

Клетчатка ржаная представлена в виде оболочки ржаного зерна. Содержит комплекс витаминов группы В, макро- и микроэлементов. В 100 г клетчатки содержится: 12,2 г белка, 3,4 г жира, 8,9 г углеводов. Энергетическая ценность продукта – 644/154 кДж/ккал. Нормализует работу желудочно-кишечного тракта, способствует очистке его от шлаков и токсинов, профилактике онкологических заболеваний. Регулярное употребление клетчатки позволит нормализовать обмен веществ, снизить массу тела и улучшить общее самочувствие.

Клетчатка пшеничная мелкая содержит клетчатку пшеничную без добавления дополнительных компонентов (диаметр частиц ≤ 100 мкм). В 100 г продукта содержится: 16 г белка, 3,8 г жира, 23,5 г углеводов. Энергетическая ценность – 780/186 кДж/ккал. От гранулометрического состава сырья зависит его действие на организм человека. Мелкая клетчатка оказывает свое немедленное положительное действие на весь верхний отдел брюшной полости, оптимизируя функциональную активность желудка, тонкого кишечника, печени, селезенки, поджелудочной железы, легких и сердца. Ее присутствие в кишечнике человека способствует улучшению качества первичного переваривания пищи и предпочтительному всасыванию в кровь наиболее значимых ее составных частей. Клетчатка получена путем измельчения наружного слоя зерен пшеницы. Частично перевариваясь в просвете желудка и кишечника, она снабжает организм так называемыми минорными компонентами, необходимыми в борьбе с кариесом, тучностью, высоким содержанием сахара и холестерина в крови, заболеваниями легких, печени и желчного пузыря. Регулярный прием мелкой пшеничной клетчатки

нормализует состав микрофлоры, находящейся в желудке и верхних отделах кишечника.

Клетчатка пшеничная мелкая с солодкой имеет следующий состав: клетчатка пшеничная, корень солодки молотый. В 100 г продукта содержится: 16 г белка, 3,8 г жира, 23,5 г углеводов, 1,05 мг витамина В₁, 1,35 мг витамина В₂, 10,5 мг витамина РР. Энергетическая ценность продукта – 780/186 кДж/ккал. Клетчатка пшеничная с солодкой оптимизирует все стороны деятельности кишечника: улучшает переваривание пищи, создает условия для попадания биологически активных веществ в циркулирующую по телу человека кровь, улучшает тонус мускулатуры кишечной трубки, нормализует микрофлору. Клетчатка естественным образом поддерживает нормальный уровень холестерина и сахара в крови. Благодаря введению в ее состав известной лекарственной травы солодки, она приобретает дополнительные свойства. Нормализует взаимодействие эндокринной, иммунной и центральной нервной систем, положительно влияет на работу легких, почек и мочевого пузыря, улучшает дыхательную функцию. Восстанавливая тонкое взаимодействие между сердцем, почками и легкими, солодка регулирует водно-солевой обмен.

Морковное пюре приготовлено из отборной моркови с добавлением питьевой воды. Процесс приготовления морковного пюре включает следующие технологические операции: приемка сырья и оценка его качества, очистка моркови, измельчение ее до размера частиц 4 ± 1 мм, разваривание в течение 25 ± 5 мин при температуре $110 \text{ }^\circ\text{C}$, гомогенизация смеси до размера частиц 20 ± 5 мкм, фасование пюре при температуре не ниже $80 \text{ }^\circ\text{C}$, стерилизация продукта. Энергетическая ценность продукта – 67/16 кДж/ккал. Из овощных пюре морковное считается наиболее полезным. Морковь богата β-каротином (провитамин А), необходимым для хорошего зрения и здоровья кожи, а также повышает биологическую ценность готового продукта.

В ходе технологического процесса получения сметанного продукта осуществляли подбор наиболее оптимального рецептурно-компонентного состава сметанного продукта. Применяли стандартные методы исследований по изучению органолептических, физико-химических и микробиологических показателей молочных продуктов.

Вязкость сметаны и сметанного продукта определяли в лаборатории Центра стратегического развития научных исследований ФГБОУ ВО «ВГУИТ» на приборе «Вискозиметр Брукфильда DV II+PRO».

Влагопоглощающую способность клетчатки определяли методом центрифугирования, гранулометрический состав – в соответствии с ГОСТ 33399-2015.

Все исследования проводили в трехкратной повторности.

Результаты и их обсуждение

В связи с тем, что задачей нашего исследования является улучшение структурных показателей сметанного продукта, проведена оценка влагопоглощающей способности четырех образцов клетчатки мелкого помола. Связывание влаги клетчаткой осу-

ществляется капиллярным способом. Важными факторами являются длина и толщина волокна [6].

Влагопоглощающая способность – это функциональное свойство пищевых волокон, отвечающее за связывание влаги за счет уникальной природной капиллярной структуры волокон. Большую роль при определении вышеуказанного показателя играет температура воды. Это связано с тем, что при различных температурных режимах подогрева питьевой воды и времени выдержки в ней сырья степень набухания пищевых волокон различается. Учитывая данные российских ученых, были выбраны оптимальные режимы набухания образцов клетчатки: температура воды – $90 \text{ }^\circ\text{C}$, длительность выдержки 30 мин [7]. Результаты влагопоглощающей способности образцов клетчатки представлены на рисунке 1.

Наилучшие показатели влагопоглощающей способности отмечены у образцов клетчатки «Витаминная поляна» и клетчатки пшеничной с солодкой.

В качестве цветокорректирующего и вкусоформирующего компонента использовали морковного пюре [8, 9]. Дозировку морковного пюре определяли опытным путем по трем показателям: гармоничность вкуса, консистенция, цвет (табл. 1).

Наибольшую суммарную оценку получил образец с массовой долей морковного пюре 5,0 %.

Сметанный продукт получали по следующей технологической схеме.

Молоко подогревали до температуры $40\text{--}45 \text{ }^\circ\text{C}$. Такой режим предусмотрен для улучшения результата сепарирования за счет уменьшения вязкости почти в два раза по сравнению с холодным молоком.

Подготовленные компоненты (клетчатку и морковное пюре) вносили в сливки. Смесь нормализовали для получения продукта стандартного состава по массовой доле жира.

Сливки с растительными компонентами пастеризовали при $86 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ с выдержкой 2–10 мин или

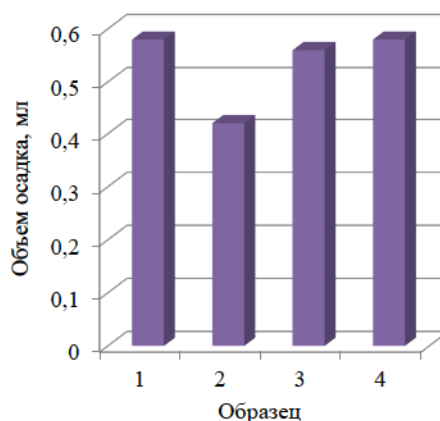


Рисунок 1. Влагопоглощающая способность клетчатки: образец 1 – клетчатка «Витаминная поляна»; образец 2 – клетчатка ржаная; образец 3 – клетчатка пшеничная; образец 4 – клетчатка пшеничная с солодкой

Figure 1. Moisture absorbing ability of fiber: sample 1 – Vitamin Glade fiber; sample 2 – rye fiber; sample 3 – wheat fiber; sample 4 – wheat fiber with licorice

Таблица 1. Органолептические показатели сметанного продукта с морковным пюре

Table 1. Sensory characteristics of the sour cream with carrot puree

Показатель	Коеф-фициент значимости	Оценка показателя, балл					
		Массовая доля морковного пюре, %					
		3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5
Гармоничность вкуса	0,4	3	4	4	4	5	4
Консистенция	0,2	5	5	5	5	5	4
Цвет	0,4	2	3	3	4	5	4
Итого		3,0	3,8	3,8	4,2	5,0	4,0

92 ± 2 °С с выдержкой до 20 с. Пастеризация необходима для уничтожения посторонних и патогенных микроорганизмов, разрушения фермента липазы. При высокотемпературных режимах тепловой обработки в сливках образуются летучие ароматические вещества, продукт приобретает специфический «ореховый» привкус и аромат. С повышением температуры пастеризации усиливаются также гидратационные свойства белков. Это способствует лучшей водоудерживающей способности и изменению консистенции продукта.

Пастеризованную смесь охлаждали до температуры 60–70 °С и направляли на гомогенизацию.

Затем смесь охлаждали до температуры заквашивания. Закваску готовили на чистых культурах молочнокислых стрептококках, сливочных и ароматизирующих бактериях. Смесь сквашивали при температуре 24 ± 2 °С, перемешивали и оставляли в покое на 11–16 ч. После заполнения емкости заквашенную смесь перемешивали 10–15 мин. Повторное перемешивание смеси производили спустя 1–1,5 ч.

Сквашивание проводили до образования сгустка и достижения кислотности 65–80 °Т. При сквашивании протекает ряд биохимических процессов: гетероферментативное молочнокислое брожение молочного сахара, коагуляция казеина и гелеобразование. Во время сквашивания продолжается процесс отвердевания молочного жира. Сквашенный продукт перемешивали до однородной консистенции в течение 3–15 мин.

Продукт охлаждали до температуры не менее 18 °С, фасовали и направляли для доохлаждения и созревания в мелкой таре на 6–12 ч. Развитие молочнокислых стрептококков при понижении температуры резко замедляется, ароматизирующая микрофлора продолжает свою жизнедеятельность, что придает продукту специфический кисло-молочный вкус и аромат. Густая консистенция образуется за счет отвердевания части молочного жира (около 45 %) и гидратации белков [10].

После этого технологический процесс считается законченным, а продукт готовым к реализации.

Анализ свежеработанных образцов сметанных продуктов проводили в сравнении со сметаной, выработанной по традиционной технологии (контрольный образец).

Одним из показателей качества сметаны и сметанных продуктов является вязкость. Вязкость (или вну-

треннее трение) – это свойство жидкости оказывать сопротивление относительному смещению слоев при сдвиге, растяжении и других видах деформации. При введении в продукт пищевых волокон его вязкость увеличивается, что благоприятно сказывается на внешнем виде и консистенции.

Определено оптимальное количество вносимой клетчатки. Дозировку варьировали от 1 до 5 % с интервалом 0,5 %. Установлено, что 2,5 % клетчатки в составе сметанного продукта улучшает его потребительские свойства, оставляя оригинальный вкус и запах продукта. Добавление клетчатки в продукт в большем количестве приводит к возникновению специфического «хлебного» вкуса и аромата.

Изучение показателя вязкости продуктов проводили в образцах с ненарушенным сгустком, нарушенном (после тщательного перемешивания продукта) и восстановленном [11]. Эксперимент проводили при температуре 20 °С, так как она является рекомендуемой при определении вышеуказанного показателя. Результаты представлены на рисунке 2.

Установлено, что образцы сметанного продукта с клетчаткой в наименьшие сроки восстанавливают структуру и характеризуются повышенным показателем вязкости по сравнению с контрольным образцом.

Для сквашенных молочных продуктов кислотность является одним из главных показателей качества [12]. Титруемая кислотность включает в себя как диссоциированную, так и недиссоциированную части кислот, минеральных солей, белков и иных титруемых соединений, находящихся в молочных продуктах. Повышенная кислотность сметанного продукта может

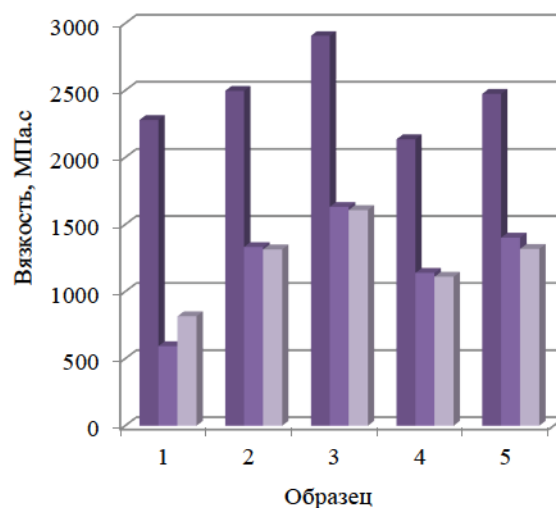


Рисунок 2. Вязкость сметаны и сметанных продуктов: образец 1 – сметана; образец 2 – сметанный продукт с клетчаткой «Витаминная поляна»; образец 3 – сметанный продукт с клетчаткой ржаной; образец 4 – сметанный продукт с клетчаткой пшеничной; образец 5 – сметанный продукт с клетчаткой пшеничной с солодкой

Figure 2. Viscosity of sour cream and sour cream products: sample 1 – sour cream; sample 2 – sour cream product with Vitamin Glade fiber; sample 3 – sour cream product with rye fiber; sample 4 – sour cream product with wheat fiber; sample 5 – sour cream product with wheat fiber and licorice

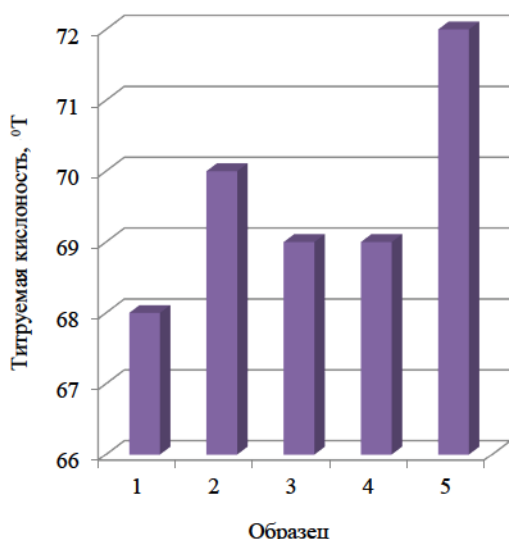


Рисунок 3. Титруемая кислотность сметаны и сметанных продуктов: образец 1 – сметана; образец 2 – сметанный продукт с клетчаткой «Витаминная поляна»; образец 3 – сметанный продукт с клетчаткой ржаной; образец 4 – сметанный продукт с клетчаткой пшеничной; образце 5 – сметанный продукт с клетчаткой пшеничной с солодкой

Figure 3. Titratable acidity of sour cream and sour cream products: sample 1 – sour cream; sample 2 – sour cream product with Vitamin Glade fiber; sample 3 – sour cream product with rye fiber; sample 4 – sour cream product with wheat fiber; sample 5 – sour cream product with wheat fiber and licorice

привести к выявлению таких пороков, как нечистый вкус и запах, излишне кислые вкус и запах, отстой сыворотки, преждевременная порча продукта и т. д. Полученные данные по показателю кислотности сметаны и сметанных продуктов представлены на рисунке 3.

Согласно требованиям ГОСТ 31452-2012 кислотность продукта при массовой доле жира от 10 до 22 % составляет 65–100 °Т. Отмечено увеличение титруемой кислотности сметанных продуктов на 1–4 °Т относительного контрольного образца. Все результаты находятся в пределах рекомендуемой нормы. Установлено, что внесение клетчатки не оказывает отрицательного действия на титруемую кислотность свежеработанного продукта.

Следующим этапом работы стало определение конкретного вида клетчатки по органолептическим показателям готового продукта из четырех представленных образцов: образец № 1 – сметанный продукт, обогащенный клетчаткой «Витаминная поляна»; образец № 2 – сметанный продукт, обогащенный клетчаткой ржаной; образец № 3 – сметанный продукт, обогащенный клетчаткой пшеничной; образец № 4 – сметанный продукт, обогащенный клетчаткой пшеничной с солодкой (рис. 4).

На основании проведенных экспериментов выбран образец сметанного продукта с клетчаткой пшеничной с солодкой. Последняя придает сметанному продукту нежную консистенцию, сладковатый приятный вкус и запах.

Затем проводили исследования сметанных продуктов со всеми немолочными компонентами с

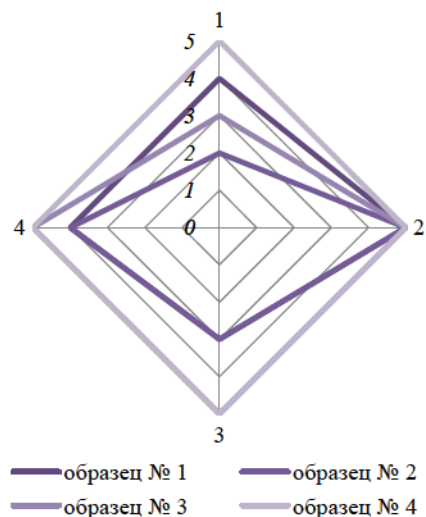


Рисунок 4. Органолептические показатели сметанных продуктов с клетчаткой: 1 – вкус и запах; 2 – консистенция; 3 – цвет; 4 – внешний вид

Figure 4. Sensory characteristics of sour cream products with fiber: 1 – taste and smell; 2 – consistency; 3 – color; 4 – appearance

ранее установленными оптимальными дозировками (морковное пюре – 5 % и клетчатка – 2,5 %): образец № 1 – сметанный продукт, обогащенный клетчаткой «Витаминная поляна» и морковным пюре; образец № 2 – сметанный продукт, обогащенный клетчаткой ржаной и морковным пюре; образец № 3 – сметанный продукт, обогащенный клетчаткой пшеничной и морковным пюре; образец № 4 – сметанный продукт, обогащенный клетчаткой пшеничной с солодкой и морковным пюре. Оценку продуктов проводили по четырем показателям: внешний вид, гармоничность вкуса, консистенция, цвет (табл. 2).

Наибольшую суммарную оценку получил образец № 4 сметанного продукта с клетчаткой пшеничной с солодкой и морковным пюре.

Определяли влияние добавленных немолочных компонентов на хранимособность продуктов [13–17]. Сметана и сметные продукты были заложены на хранение в течение 20 суток при температуре

Таблица 2. Органолептические показатели сметанных продуктов с клетчаткой и морковным пюре

Table 2. Sensory characteristics of sour cream products with fiber and carrot puree

Показатель	Коэффициент значимости	Оценка показателя, балл			
		Образец № 1	Образец № 2	Образец № 3	Образец № 4
Внешний вид	0,2	4	4	5	5
Гармоничность вкуса	0,2	4	2	3	5
Консистенция	0,4	5	5	5	5
Цвет	0,2	5	3	5	5
Итого		4,6	3,8	4,6	5,0

Таблица 3. Показатели качества продуктов

Table 3. Product quality indicators

Наименование показателя	Характеристика	
	Сметана	Сметанный продукт
Органолептические показатели		
Внешний вид и консистенция	Однородная недостаточно густая масса с глянцевой поверхностью, слегка вязкая консистенция	Однородная густая масса с глянцевой поверхностью, вязкая консистенция
Вкус и запах	Чистые, кисломолочные, без посторонних привкусов и запахов	Чистые, кисломолочные, сладковатые, без посторонних привкусов и запахов
Цвет	Белый, однородный по всей массе	Кремовый, однородный по всей массе
Физико-химические показатели		
Массовая доля жира, %	20	20
Массовая доля белка, %	2,6	3,0
Титруемая кислотность, °Т	68	72
Фосфатаза и пероксидаза	отсутствует	отсутствует
Микробиологические показатели		
КМАФАнМ, КОЕ/(см ³) г	1×10 ⁷	1×10 ⁷
Масса продукта, (см ³) г, в которой не допускается БГКП (колиформы)	0,001	0,001
Количество дрожжей и плесеней, КОЕ/(см ³) г	0	0

6 ± 2 °С. Ежедневно проводили исследования показателей качества продуктов (табл. 3).

Показатели качества сметаны и сметанного продукта на протяжении 14 суток оставались неизменны. На 20 сутки хранения продукты не соответствовали требованиям ГОСТ 31452-2012 и ТР ТС 033/2013: произошло расслоение, вкус и запах характеризовался как нечистый, кислый, титруемая кислотность – более 100 °Т, дрожжи и плесени – более 100 в сумме.

Установлен срок годности сметанного продукта – 14 суток.

Выводы

Установлена возможность применения клетчатки при производстве сметанного продукта в количестве 2,5 %.

Доказана целесообразность использования в каче-

стве цветокорректирующего и вкусоформирующего компонента морковного пюре в количестве 5 %.

Проведена выработка сметанного продукта. Установлено, что образцы с клетчаткой в наименьшие сроки восстанавливают структуру и характеризуется повышенным показателем вязкости по сравнению с контрольным образцом.

Проведены исследования показателей качества сметанного продукта с клетчаткой пшеничной с солодкой и морковным пюре. Доказано, что введение немолочных компонентов в сметанный продукт не снижает его хранимоспособности, по сравнению со сметаной, улучшает реологические свойства продукта. Срок годности сметанного продукта составляет 14 суток.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Кайшев, В. Г. Функциональные продукты питания: основа для профилактики заболеваний, укрепления здоровья и активного долголетия / В. Г. Кайшев, С. Н. Серегин // Пищевая промышленность, 2017. – № 7 – С. 8–14.
2. Содержание пектинов в различных видах плодовых культур и их физико-химические свойства / Д. Р. Созаева, А. С. Джабоева, Л. Г. Шаова [и др.] // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2016. – Т. 68, № 2. – С. 170–174. DOI: <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2016-2-170-174>.
3. Кондрашина, В. В. Пищевые волокна и их роль в формировании здоровья человека / В. В. Кондрашина // Современные научные исследования и инновации. – 2017. – Т. 73, № 5. – С. 5.
4. Пирогова, Е. Н. Пищевые волокна «Цитри-Фай» для спредов пониженной жирности / Е. Н. Пирогова, Е. В. Топникова, И. В. Губина // Молочная промышленность. – 2017. – № 9. – С. 63–64.
5. Особенности применения пищевых волокон SENSEFI в производстве мороженого пломбир / А. А. Творогова, Т. В. Коновалова, И. А. Гурский [и др.] // Пищевая промышленность. – 2016. – № 10 – С. 34–36.
6. Хвьяля, С. И. Структурные особенности пшеничной клетчатки для мясных продуктов / С. И. Хвьяля, А. А. Габарев, В. А. Пчелкина // Техника и технология пищевых производств. – 2013. – Т. 29, № 2. – С. 71–75.
7. Белозерова, М. С. Разработка состава и технологии молочного десерта с морковной клетчаткой / М. С. Белозерова, Т. Н. Евстигнеева, А. А. Григорьева // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2016. – Т. 68, № 2. – С. 140–147. DOI: <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2016-2-140-147>.

8. Густинович, В. Г. Обоснование применения порошков тыквы и моркови в производстве галет функционального назначения / В. Г. Густинович // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2017. – Т. 79, № 4. – С. 152–156. DOI: <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2017-4-152-156>.
9. Тихомиров, А. А. Сенсорный контроль качества сырья и упаковки на пищевых предприятиях / А. А. Тихомиров // Пищевая промышленность. – 2016. – № 7 – С. 18–20.
10. Горбатова, К. К. Химия и физика молока и молочных продуктов / К. К. Горбатова, П. И. Гунькова – СПб. : ГИОРД, 2012. – 336 с.
11. Структурированные молокосодержащие продукты с растительными наполнителями / Л. В. Голубева, О. И. Долматова, Е. И. Бочарова [и др.] // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2012. – Т. 54, № 4. – С. 79–81.
12. Банникова, А. В. Новые технологические решения по созданию йогуртов с пищевыми волокнами / А. В. Банникова // Техника и технология пищевых производств. – 2014. – Т. 34, № 3. – С. 5–10.
13. Догарева, Н. Г. Кисломолочные продукты с пищевыми волокнами / Н. Г. Догарева, М. Б. Ребезов // «Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры»: материалы Всероссийской научно-методической конференции / Оренбургский государственный университет. – Оренбург, 2016. – С. 1095–1105.
14. Захарова, Л. М. Функциональный кисломолочный продукт с экстрактом шиповника и пищевыми волокнами / Л. М. Захарова, С. С. Лозманова // Молочная промышленность. – 2014. – № 4. – С. 58.
15. Применение β-глюкана в технологии творога: ресурсосбережение и функциональность / Е. В. Богданова, А. Н. Пономарев, Е. И. Мельникова [и др.] // Молочная промышленность. – 2017. – № 7. – С. 50–51.
16. Решетник, Е. И. Исследование возможности обогащения кисломолочных продуктов пищевой добавкой «Лавитол-арабиногалактан» / Е. И. Решетник, Е. А. Уточкина, А. П. Пакусина // Техника и технология пищевых производств. – 2010. – Т. 17, № 2. – С. 3–7.
17. Инулинсодержащая композиция для молокосодержащих продуктов / А. Н. Пономарев, Е. И. Мельникова, Е. В. Богданова [и др.] // Молочная промышленность. – 2012. – № 8. – С. 80–81.


References

1. Kaishev VG, Seregin SN. Functional Food Products: The Basis for Disease Prevention, Health Promotion and Active Longevity. Food Industry. 2017;(7):8–14. (In Russ.).
2. Sozaeva DR, Dzhaboeva AS, Shaova LG, Tsagoeva OK. The pectin content in different types of fruit crops and their physicochemical characteristics. Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies. 2016;68(2):170–174. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2016-2-170-174>.
3. Kondrashina VV. Pishchevye volokna i ikh rol' v formirovaniy zdorov'ya cheloveka [Dietary fibers and their role in shaping human health]. Modern scientific researches and innovations. 2017;73(5):5. (In Russ.).
4. Pirogova EN, Topnikova EV, Gubina IV. Dietary fibers 'Citri-fi' for low-fat spreads. Dairy Industry. 2017;(9):63–64. (In Russ.).
5. Tvorogova AA, Konovalova TV, Gursky IA, Bazali VN, Avramova SV. Features of the Application Dietary Fibers SenseFi in the Manufacture of Sundae Ice-Cream. Food Industry. 2016;(10):34–36. (In Russ.).
6. Hvilya SI, Gabaraev AA, Pchelkina VA. Structural features of wheat fiber for meat products. Food Processing: Techniques and Technology. 2013;29(2):71–75. (In Russ.).
7. Belozeroва MS, Evstigneeva TN, Grigoreva AA. Development of composition and technology of dairy dessert with carrot fiber. Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies. 2016;68(2):140–147. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2016-2-140-147>.
8. Gustinovich VG. Rationale for the use of pumpkin and carrot powders in the production of functional biscuits. Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies. 2017;79(4):152–156. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2017-4-152-156>.
9. Tikhomirov AA. Sensory Quality Control of Raw Materials and Packaging on Food Enterprises. Food Industry. 2016;(7):18–20. (In Russ.).
10. Gorbatova KK, Gun'kova PI. Khimiya i fizika moloka i molochnykh produktov [Chemistry and physics of milk and dairy products]. St. Petersburg: GIORД; 2012. p. 336. (In Russ.).
11. Golubeva LV, Dolmatova OI, Bocharova EI, Dolmatova GS. Structured products are milk with vegetable fillings. Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies. 2012;54(4):79–81. (In Russ.).
12. Bannikova AV. New solutions for creation of yogurts containing dietary fibers. Food Processing: Techniques and Technology. 2014;34(3):5–10. (In Russ.).
13. Dogareva NG, Rebezov MB. Kislomolochnye produkty s pishchevymi voloknami [Fermented milk products with dietary fibers]. 'Uni-versitetskiy kompleks kak regional'nyy tsentr obrazovaniya, nauki i kul'tury': materialy Vserossiyskoy nauchno-metodicheskoy konferentsii [University complex as a regional center of education, science, and culture': Proceedings of the All-Russian scientific-methodical conference]; 2016; Orenburg. Orenburg: Orenburg State University; 2016. p. 1095–1105. (In Russ.).
14. Zaharova LM, Lozmanova SS. Functional fermented milk product with hip extract and food fibers. Dairy Industry. 2014;(4):58. (In Russ.).

15. Bogdanova EV, Ponomarev AN, Mel'nikova EI, Bolgova MS. Application of β -glucan in the curds technology: resource-saving and functionality. Dairy Industry. 2017;(7):50–51. (In Russ.).
16. Reshetnik EI, Utochkina EA, Pankusina AP. Investigation of Possibility of Fermented Milk Enrichment with the Food Additive 'Lavitol (Arabinogalaktan)'. Food Processing: Techniques and Technology. 2010;17(2):3–7. (In Russ.).
17. Ponomarev AN, Mel'nikova EI, Bogdanova EV, SamoiloVA MA. Inulincontaining composition for products containing milk. Dairy Industry. 2012;(8):80–81. (In Russ.).

Сведения об авторах

Долматова Ольга Ивановна

канд. техн. наук, доцент кафедры технологий продуктов животного происхождения, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», 394036, Россия, г. Воронеж, проспект Революции, 19, тел.: +7 (427) 255-27-65, e-mail: Olgadolmatova@rambler.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-4450-8856>

Дошина Анастасия Владимировна

студент, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», 394036, Россия, г. Воронеж, проспект Революции, 19, тел.: +7 (427) 255-27-65, e-mail: nastyadoshina@yandex.ru

Information about the authors

Olga I. Dolmatova

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Department of Technologies for Products of Animal Origin, Voronezh State University of Engineering Technologies, 19, Revolution Ave., Voronezh, 394036, Russia, phone: +7 (427) 255-27-65, e-mail: Olgadolmatova@rambler.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-4450-8856>

Anastasia V. Doshina

Student, Voronezh State University of Engineering Technologies, 19, Revolution Ave., Voronezh, 394036, Russia, phone: +7 (427) 255-27-65, e-mail: nastyadoshina@yandex.ru

Исследование технологических особенностей производства сливочного масла пониженной жирности¹

А. М. Захарова¹, А. В. Абушахманова*¹

Дата поступления в редакцию: 19.03.2019
Дата принятия в печать: 21.06.2019

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

*e-mail: kroxaleva90@mail.ru



© А. М. Захарова, А. В. Абушахманова, 2019

Аннотация. Одной из главных задач пищевой промышленности является создание продуктов с редуцированной калорийностью. Целью работы являлась разработка технологии производства сливочного масла пониженной жирности. Для реализации поставленной цели были исследованы органолептические показатели, химический состав и функционально-технологические свойства свежесваренной клетчатки «Bio-fi Pro WR 400». Установлено, что препарат клетчатки обладает нейтральными вкусом, цветом, запахом, содержит до 70 % пищевых волокон, в том числе 21 % целлюлозы и 20 % пектина. Изучен процесс набухания клетчатки в дистиллированной воде и обезжиренном молоке при различных температурах. Оптимальными условиями набухания признаны температура 45 ± 1 °С, среда – обезжиренное молоко. На основании изучения влияния температурной обработки установлено, что пищевые волокна являются термостабильными. Изучено влияние различных режимов пастеризации на органолептические свойства сливок. Определено, что для достижения в готовом продукте характерного привкуса пастеризации высокожирные сливки следует пастеризовать при температуре 95 ± 2 °С с выдержкой 10 мин. Изучено влияние клетчатки на реологические и органолептические показатели сливочного масла пониженной жирности. Установлена оптимальная доза пищевых волокон, которая составляет 2,5 % от массы готового продукта. Разработана технология производства сливочного масла пониженной жирности с пищевыми волокнами. Рассмотрено влияние клетчатки на органолептические и микробиологические показатели готового продукта. Изучена пищевая и энергетическая ценность сливочного масла пониженной жирности. Содержание жира в сливочном масле пониженной жирности с пищевыми волокнами меньше в 1,17 раз, чем в сливочном масле «Крестьянское». Полученные результаты позволяют сделать вывод, что разработанный продукт обладает пониженной калорийностью в сравнении со сливочным маслом традиционного состава.

Ключевые слова. Пищевые волокна, продукт с редуцированной калорийностью, технология производства, технологические режимы, показатели качества

Для цитирования: Захарова, А. М. Исследование технологических особенностей производства сливочного масла пониженной жирности / А. М. Захарова, А. В. Абушахманова // Техника и технология пищевых производств. – 2019. – Т. 49, № 2. – С. 209–215. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-2-209-215>.

Original article

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

Low-Fat Butter: Production and Technological Features

L.M. Zakharova¹, L.V. Abushahmanova*¹

Received: March 19, 2019
Accepted: June 21, 2019

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

*e-mail: kroxaleva90@mail.ru



© L.M. Zakharova, L.V. Abushahmanova, 2019

Abstract. Modern lifestyle is characterized by hypodynamy, hypokinesia, overnutrition, and high-calorie products consumption. Hence, food industry has to design low-caloric products. The present paper introduces a new production technology for low-fat butter with dietary fibers. The research featured Bio-fi Pro WR 400 beetroot fiber, namely its sensory, functional, and technological properties, as well as chemical composition. The research objective was to define its further use in low fat butter production. The fiber demonstrated neutral taste, colour, and smell. The sample contained up to 70% of dietary fibers, including 21% of cellulose and 20% of pectin. The research also studied the soaking process of cellulose in distilled water and skim milk at various temperatures. Fat-free milk proved to be the optimal environment, while the optimal temperature for the soaking process was 45 ± 1 °С. Temperature experiments proved the samples of dietary fibers to be thermostable. A study of various pasteurization modes and their effect on the sensory properties of cream revealed the following optimal conditions: 95 ± 2 °С for 10 minutes. The conditions allowed the samples of high-fat cream to acquire the necessary specific pasteurization taste. In addition, the study featured

¹Материал опубликован в рамках II Международного симпозиума «Инновации в пищевой биотехнологии». 13–14 мая 2019 г., Кемерово, Кемеровский государственный университет.

the effect of dietary fibers on the rheological and sensory properties of low fat butter, as well as its nutrition and energy value. The optimal share of the dietary fiber was determined as 2.5% of the finished product weight. The fat content in the low fat content butter was 1.17 times lower than in the control sample (*Krestyanskoe* butter brand). Thus, the obtained product demonstrated a low calorific value if compared to traditional butter.

Keywords. Dietary fiber, low fat products, production technology, technological regimes, quality indicators

For citation: Zakharova LM, Abushahmanova LV. Low-Fat Butter: Production and Technological Features. Food Processing: Techniques and Technology. 2019;49(2):209–215. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-2-209-215>.

Введение

Одно из важнейших мест в питании человека занимают жировые продукты. Они являются не только основным источником энергии, но и поставщиком необходимых нутриентов для организма, таких как насыщенные и ненасыщенные жирные кислоты, фосфолипиды, жирорастворимые витамины и другие [1–3]. Дефицит жировых продуктов в питании может привести к нарушению деятельности центральной нервной системы, снижению иммунитета к инфекционным заболеваниям [4].

Особое место среди жировых продуктов занимает сливочное масло. Сливочное масло – молочный продукт на эмульсионной жировой основе, полученный из коровьего молока путем отделения жировой фазы и равномерного распределения молочной плазмы. Массовая доля жира в продукте должна составлять не менее 50 % [5].

Биологическая ценность сливочного масла обусловлена полиненасыщенными жирными кислотами, фосфатидами, калием, железом, витаминами А, В, Е [6]. Молочный жир в своем составе содержит около 65 % насыщенных и около 35 % ненасыщенных жирных кислот [7]. Физиологическая ценность масла очень велика. Вещества, содержащиеся в нем, положительно влияют на нервную, сердечно-сосудистую, пищеварительную и другие системы организма человека [8, 9]. Сливочное масло способно регулировать гормональный баланс, улучшает состояние кожи, уменьшает утомляемость [10].

Несмотря на свою полезность для человека, сливочное масло является высококалорийным продуктом. Например, в 100 г сливочного масла традиционного состава жирностью 82,5 % содержится 748 ккал, а жирностью 72,5 % – 662 ккал.

Всемирная организация здравоохранения утверждает, что главными причинами глобального бремени хронических заболеваний, включая сердечно-сосудистые заболевания, диабет и рак, является ожирение и избыточный вес из-за малой физической активности и высокой доли жиров в питании человека [11]. Подчеркивая важность диеты в профилактике некоторых заболеваний, диетологи делают акцент на снижение потребления жиров в рационе человека [12]. Следовательно, главным требованием к сливочному маслу является умеренная калорийность [2].

Снижение массовой доли жира в сливочном масле традиционного состава возможно путем использования в технологии стабилизаторов структуры.

Целью работы являлась разработка технологии производства сливочного масла пониженной жирности.

Объекты и методы исследования

Объектами исследований в работе стали свекловичная клетчатка «Bio-fi Pro WR 400» и сливочное масло пониженной жирности. При проведении экспериментов применялись общепринятые методики.

Массовую долю влаги определяли по ГОСТ 9404-88. «Мука и отруби. Метод определения влажности»; массовую долю белка – по ГОСТ 10846-91. «Зерно и продукты его переработки. Метод определения белка»; массовую долю пищевых волокон – по ГОСТ Р 54014-2010. «Продукты пищевые функциональные. Определение растворимых и нерастворимых пищевых волокон ферментативно-гравиметрическим методом»; массовую долю целлюлозы по – ГОСТ 31675-2012. «Корма. Методы определения содержания сырой клетчатки с применением промежуточной фильтрации»; массовую долю углеводов – по ГОСТ 26176-91. «Корма, комбикорма. Методы определения растворимых и легкогидролизуемых углеводов»; массовую долю золы – по ГОСТ 27494-2016. «Мука и отруби. Методы определения зольности»; массовую долю пектина определяли методом осаждения спиртом [13].

Коэффициент набухания определяли объемным методом [14]. Термоустойчивость определяли по ГОСТ 32261-2013. «Масло сливочное. Технические условия». Количество вытекшего свободного жира определяли по методу В. Моора.

Массовую долю жира определяли по ГОСТ Р 55361-2012. «Жир молочный, масло и паста масляная из коровьего молока. Правила приемки, отбор проб и методы контроля». Содержание белка в продукте определяли методом Кьельдаля. Массовую долю углеводов – по ГОСТ Р 51259-99. «Молоко и молочные продукты. Метод определения лактозы и галактозы».

Листерия (*Listeria monocytogenes*) в продукте определяли по ГОСТ 32031-2012. «Продукты пищевые. Методы выявления бактерий *Listeria monocytogenes*». Стафилококки *S. aureus* в продукте определяли по ГОСТ 30347-2016. «Молоко и молочная продукция. Методы определения *Staphylococcus aureus*». Бактерии группы кишечная палочка (БГКП) в продукте определяли по ГОСТ 32901-2014. «Молоко и молочная продукция. Методы микробиологического анализа». Количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ) в продукте определяли по ГОСТ 32901-2014. «Молоко и молочная продукция. Методы микробиологического анализа». Плесени и дрожжи в продукте определяли по ГОСТ Р. 33566-2015 «Молоко и молочная продукция. Определение дрожжей и плесневых грибов».



Рисунок 1. Внешний вид свекловичной клетчатки «Bio-fi Pro WR 400»

Figure 1. Bio-fi Pro WR 400 beet root fiber

Результаты и их обсуждение

Для стабилизации структуры сливочного масла пониженной жирности выбрана свекловичная клетчатка «Bio-fi Pro WR 400» компании «Новая территория» (Россия). Данный препарат обладает стабилизирующими свойствами, обеспечивает равномерное распределение и прочное удержание влаги и жира в продукте, снижает его калорийность и улучшает его реологические свойства [15].

Внешний вид пищевых волокон представлен на рисунке 1.

Свекловичная клетчатка «Bio-fi Pro WR 400» представляет собой однородный мелкодисперсный порошок светло-бежевого цвета с нейтральным запахом и вкусом.

Пищевые волокна – это комплекс полисахаридов и нутриентов. Для определения пищевой ценности был изучен химический состав свекловичной клетчатки «Bio-fi Pro WR 400» (табл. 1).

В состав свекловичной клетчатки входит до 70 % пищевых волокон, в том числе 21 % целлюлозы и 20 % пектина, до 8 % растительного белка. Они обуславливают функционально-технологические свойства.

К основным функционально-технологическим свойствам свекловичной клетчатки «Bio-fi Pro WR 400»

Таблица 1. Химический состав свекловичной клетчатки «Bio-fi Pro WR 400»

Table 1. Chemical composition of the Bio-fi Pro WR 400 beet root fiber

Наименование показателя	Результат
Массовая доля влаги, %	8 ± 0,31
Массовая доля сухих веществ, %	92 ± 0,26
Белок, %	6 ± 0,17
Пищевые волокна, %	70 ± 0,13
в т. ч. пектин,	20 ± 0,14
целлюлоза	21 ± 0,13
Углеводы, %	10 ± 0,12
Зола, %	6 ± 0,15

относится набухание. Набухание является самопроизвольным процессом, при котором происходит поглощение низкомолекулярного вещества высокомолекулярным. В процессе набухания увеличивается объем и масса высокомолекулярного вещества. Явление набухания характеризуется степенью набухания α [16].

Процесс набухания свекловичной клетчатки «Bio-fi Pro WR 400» изучался в средах дистиллированной воды и обезжиренного молока в течение 60 мин. Температуру набухания варьировали от 25 °С до 85 °С с шагом 20 °С. Полученные результаты приведены в таблице 2.

Процесс поглощения влаги свекловичной клетчаткой интенсивно протекал в течение первых 30 минут от начала процесса, достигая максимального значения коэффициента набухания. По достижению 30 минут наступает динамическое равновесие. Так, при набухании в дистиллированной воде при температуре 25 ± 1 °С по достижению 30 минут коэффициент набухания увеличился в 1,1 раз в сравнении с первоначальным значением, при температуре 45 ± 1 °С – в 1,04 раз, при 65 ± 1 °С – в 1,05 раз, при 85 ± 1 °С – в 1,05 раз. При набухании в обезжиренном молоке при температуре 25 ± 1 °С по достижению 30 минут коэффициент набухания увеличился в 1,09 раз, при температурах 45 ± 1 °С, 65 ± 1 °С, 85 ± 1 °С – в 1,08, 1,07 и 1,08 раз соответственно.

Процесс набухания в обезжиренном молоке протекал интенсивнее, чем в воде. Это может быть

Таблица 2. Зависимость коэффициентов набухания свекловичной клетчатки «Bio-fi Pro WR 400» в различных средах от температуры и продолжительности процесса

Table 2. Effect of temperature and process time on the swelling coefficients of the Bio-fi Pro WR 400 beet root fiber in different environments

Температура, °С	Продолжительность, мин					
	10	20	30	40	50	60
Дистиллированная вода						
25	3,12 ± 0,10	3,45 ± 0,12	3,87 ± 0,2	3,87 ± 0,07	3,87 ± 0,09	3,87 ± 0,11
45	4,1 ± 0,08	4,3 ± 0,09	4,5 ± 0,12	4,5 ± 0,09	4,5 ± 0,10	4,5 ± 0,12
65	4,15 ± 0,11	4,39 ± 0,09	4,55 ± 0,09	4,55 ± 0,11	4,55 ± 0,10	4,55 ± 0,12
85	4,21 ± 0,09	4,44 ± 0,10	4,63 ± 0,10	4,63 ± 0,09	4,63 ± 0,10	4,63 ± 0,12
Обезжиренное молоко						
25	3,34 ± 0,11	3,67 ± 0,09	3,99 ± 0,08	3,99 ± 0,10	3,99 ± 0,09	3,99 ± 0,09
45	4,4 ± 0,10	4,76 ± 0,09	4,97 ± 0,08	4,97 ± 0,11	4,97 ± 0,11	4,97 ± 0,09
65	4,51 ± 0,12	4,85 ± 0,11	5,15 ± 0,09	5,15 ± 0,11	5,15 ± 0,10	5,15 ± 0,10
85	4,6 ± 0,12	4,97 ± 0,09	5,27 ± 0,09	5,27 ± 0,11	5,27 ± 0,09	5,27 ± 0,09

связано с различным уровнем pH среды. Так, при набухании свекловичной клетчатки «Bio-fi Pro WR 400» в молоке при температуре 45 ± 1 °C через 30 минут от начала процесса коэффициент набухания составлял 4,97. Это в 1,1 раз больше чем при набухании в воде. При набухании пищевых волокон в молоке при температуре 65 ± 1 °C через 30 минут от начала процесса коэффициент набухания был больше в 1,13 раз, чем при набухании в воде. При набухании пищевых волокон в молоке при температуре 85 ± 1 °C через 30 минут от начала процесса коэффициент набухания составлял 5,27, а в воде – 4,63. При повышении температуры среды количество поглощённой влаги свекловичной клетчатки «Bio-fi Pro WR 400» также увеличивалось.

Учитывая полученные данные, можно сделать вывод, что оптимальной средой набухания пищевых волокон является обезжиренное молоко, продолжительность набухания – 30 мин, температура – 45 ± 1 °C.

Для предотвращения загрязнения готового продукта микроорганизмами целесообразно проводить пастеризацию смеси свекловичной клетчатки «Bio-fi Pro WR 400» и обезжиренного молока.

Было изучено влияние температурной обработки на набухающую способность свекловичной клетчатки «Bio-fi Pro WR 400». Для этого свекловичную клетчатку смешивали с обезжиренным молоком, перемешивали и направляли на пастеризацию при следующих температурных режимах: 72 ± 2 °C с выдержкой 40 сек; 85 ± 2 °C и 95 ± 1 °C без выдержки. Обработанную смесь охлаждали до температуры 45 ± 1 °C и оставляли для набухания на 30 мин. Контролем служил образец набухшей в обезжиренном молоке свекловичной клетчатки при температуре 45 ± 1 °C.

При пастеризации смеси обезжиренного молока и свекловичной клетчатки при температуре 72 ± 2 °C с выдержкой 40 сек коэффициент набухания клетчатки составил 4,48; при 85 ± 2 °C – 4,52; при 95 ± 1 °C – 4,49. Коэффициент набухания клетчатки в контрольном образце – 4,5. Полученные результаты свидетельствуют о термостабильности свекловичной клетчатки «Bio-fi Pro WR 400», т. к. коэффициент набухания изменялся незначительно.

На формирование вкуса и аромата сливочного масла влияют сульфидрильные соединения типа SH-групп, лактоны, летучие жирные кислоты, карбонильные соединения, которые присутствуют в исходном сырье, а также образующиеся при пастеризации [2]. Определяли влияние тепловой обработки сливок на органолептические показатели. Для этого сливки 61,5 % жирности пастеризовали при следующих температурных режимах: 87 ± 2 °C с выдержкой 10 мин; 95 ± 2 °C без выдержки; 95 ± 2 °C с выдержкой 10 мин.

При пастеризации сливок при температуре 87 ± 2 °C с выдержкой 10 минут и 95 ± 2 °C без выдержки сливки обладали чистым вкусом и запахом, с недостаточным выраженным привкусом пастеризации. При температуре 95 ± 2 °C с выдержкой 15 минут сливки характеризовались чистым сливочным вкусом с насыщенным привкусом пастеризации. На основании полученных результатов установили, что для

достижения характерного сливочного вкуса и запаха, а также привкуса пастеризации в готовом продукте целесообразно проводить пастеризацию высокожирных сливок при температуре 95 ± 2 °C с выдержкой 15 минут.

Установление оптимальной дозы внесения свекловичной клетчатки в сливочное масло пониженной жирности проводили на основании определения органолептических и реологических показателей полученных образцов. Для этого в высокожирные сливки жирностью 61,5 % перед термомеханической обработкой вносили предварительно набухшую свекловичную клетчатку «Bio-fi Pro WR 400». Полученную смесь перемешивали и обрабатывали в маслообразователе. Дозу свекловичной клетчатки варьировали от 1 до 3 % с шагом 0,5 (с учетом рекомендаций производителя). Контроль – сливочное масло без свекловичной клетчатки. Испытания проводились после термостатирования полученных образцов при температуре 2 ± 2 °C в течение 24 часов.

При увеличении дозы свекловичной клетчатки структура сливочного масла пониженной жирности становилась плотнее, значение коэффициента термоустойчивости увеличивалось, а количество вытекшего свободного жира уменьшалось. Так, максимальные значения были при дозе 3 % и составляли 0,91 и 5,89 % соответственно.

Введение свекловичной клетчатки «Bio-fi Pro WR 400» в сливочное масло пониженной жирности не повлияло на вкус и запах образцов. Следует отметить, что при внесении свекловичной клетчатки в количестве 3 % от массы готового продукта наблюдался такой порок, как «крупитчатая консистенция».

Анализируя полученные данные, можно сделать вывод, что использование свекловичной клетчатки «Bio-fi Pro WR 400» при выработке масла сливочного пониженной жирности положительно влияет на формирование структуры сливочного масла, улучшая его реологические показатели. Оптимальной дозой является 2,5 %.

Следствием данной работы явилась разработка технологии производства сливочного масла пониженной жирности с использованием в качестве стабилизатора свекловичной клетчатки «Bio-fi Pro WR 400» Технологическая схема производства продукта представлена на рисунке 2.

Отобранное молоко по качеству очищают и направляют на сепарирования для получения сливок средней жирности с массовой долей жира 30–35 %. Рассчитанное по норме количество пищевых волокон смешивают с обезжиренным молоком, перемешивают и направляют на пастеризацию при температуре 85 ± 2 °C для предотвращения загрязнения готового продукта. Обработанную смесь охлаждают до 45 ± 1 °C и оставляют для набухания на 30 мин.

Полученные сливки жирностью 30–35 % направляют на сепарирование и пастеризацию при температуре 95 ± 5 °C с выдержкой 15 минут. Допускается проводить дезодорацию сливок, если в них присутствует кормовой или другие посторонние привкусы и запахи. Температура дезодорации 83 ± 2 °C при разряжении воздуха $0,04 \pm 0,02$ МПа, продолжитель-

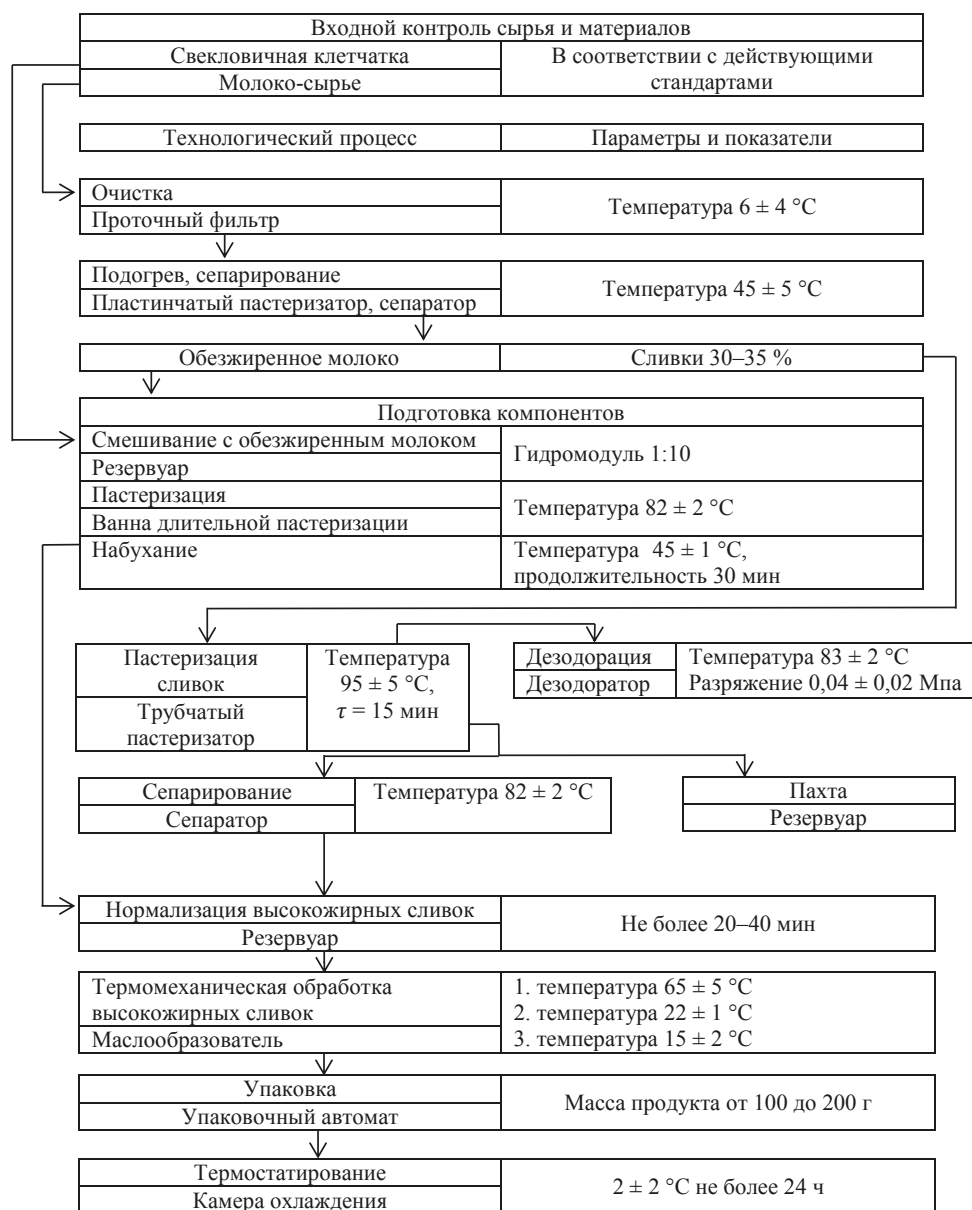


Рисунок 2. Технологическая схема производства сливочного масла пониженной жирности

Figure 2. Technological scheme of the production of the low-fat butter

ность 4–5 сек. Полученные высокожирные сливки жирностью не менее 61,5 % направляют в ванну для нормализации. Туда вносят набухшую клетчатку, перемешивают, нормализуют по массовой доле жира и направляют на термомеханическую обработку. Проходя последовательно через цилиндры маслообразователя, высокожирные сливки активно перемешиваются и охлаждаются до температуры 65 ± 5 °C в первом цилиндре, 22 ± 1 °C во втором. На выходе из маслообразователя температура готового продукта составляет 15 ± 2 °C.

Готовый продукт фасуют в потребительскую тару и отправляют в холодильную камеру при температуре 2 ± 2 °C, где происходит дальнейшее охлаждение и хранение.

Сливочное масло пониженной жирности со свекловичной клетчаткой «Bio-fi Pro WR 400» обладает приятным выраженным сливочным вкусом с привкусом пастеризации, без посторонних привкусов и

запахов. Структура плотная, пластичная, однородная. Поверхность среза ровная. Цвет от белого до светло-желтого.

Таблица 3. Пищевая и энергетическая ценность сливочного масла пониженной жирности

Table 3. Nutrition and energy value of the low-fat butter

Наименование показателя	Количество на 100 г продукта, г	
	Сливочное масло пониженной жирности с пищевыми волокнами	Сладкосливочное масло «Крестьянское»
Жиры	61,5	72,5
Белки	1,3	0,8
Углеводы	1,9	1,3
Клетчатка	2,5	–
Энергетическая ценность, ккал (кДж)	565 (2373)	748 (3141,6)

Таблица 4. Микробиологические показатели сливочного масла пониженной жирности

Table 4. Microbiological indicators of the low-fat butter

Наименование показателя	Полученное значение	Требования ТР ТС 033/2013
Количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов, КОЕ/г, не более	Не обнаружено	Не более 2×10^5
Бактерии группы кишечных палочек, не допускаются в массе продукта, г	Не обнаружено	0,01
Патогенные микроорганизмы, в том числе сальмонеллы, не допускаются в массе продукта, г	Не обнаружено	25
<i>S.aureus</i> , не допускаются в массе продукта, г	Не обнаружено	0,1
Дрожжи, КОЕ/г, не более	Менее 100	100
Плесени, КОЕ/г, не более	Менее 100	100
Листерии <i>L. Monocytogenes</i> , не допускаются в массе продукта, г	Не обнаружено	25

Пищевая и энергетическая ценность продукта представлена в таблице 3.

Содержание жира в сливочном масле пониженной жирности меньше в 1,17 раз, содержание белка, углеводов больше в 1,6 и 1,46 раз соответственно,

чем в сливочном масле «Крестьянское». Калорийность полученного продукта на 183 ккал меньше, чем сливочного масла 72,5 % жирности. Биологическая ценность готового продукта достигается за счет содержания 2,5 г клетчатки.

Для соответствия требованиям ТР ТС 033/2013 в сливочном масле пониженной жирности определяли микробиологические показатели [5]. Полученные результаты представлены в таблице 4.

Полученные результаты показали, что содержание санитарно-показательных, условно-патогенных, патогенных микроорганизмов и микроорганизмов порчи в сливочном масле пониженной жирности с свекловичной клетчаткой «Bio-fi Pro WR 400» соответствуют требованиям ТР ТС 033/2013.

Выводы

В ходе проведенных исследований была установлена перспективность использования свекловичной клетчатки «Bio-fi Pro WR 400» в технологии сливочного масла пониженной жирности с целью стабилизации структуры готового продукта. Разработанный продукт характеризуется пониженной калорийностью, а также наличием в составе 2,5 г функционального ингредиента. Разработанное сливочное масло пониженной жирности можно рекомендовать потребителю для снижения общего содержания жиров в рационе.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Вышемирский, Ф. А. Энциклопедия маслоделия / Ф. А. Вышемирский. – Углич, 2015. – 509 с.
2. Топникова, Е. В. Научные и практические аспекты производства продуктов маслоделия пониженной жирности: дис. ... д-ра техн. наук: 05.18.04 / Топникова Елена Васильевна. – Кемерово, 2017. – 22 с.
3. Топникова, Е. В. Сливочное масло, спред или масло растительно-сливочное – что выбрать потребителю? / Е. В. Топникова // Сыроделие и маслоделие. – 2018. – № 1. – С. 37–39.
4. Топникова, Е. В. Сохранение национальных видов масла и развитие современного ассортимента / Е. В. Топникова // Сыроделие и маслоделие. – 2012. – № 5. – С. 6–8.
5. ТР ТС 033/2013 О безопасности молока и молочной продукции. 2013. – 107 с.
6. Рачева, К. Ю. Значение сливочного масла в питании / К. Ю. Рачева, Л. М. Стахеева, А. С. Романова // Молодежь и наука. – 2016. – № 10. – С. 5–7.
7. Bonomia, E. C. Characterization of the stearin obtained by thermal fractionation of anhydrous milk fat / E. C. Bonomia, V. Luccasb, T. G. Kieckbuscha // Procedia Engineering. – 2012. – Vol. 42. – P. 918–923. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.07.484>.
8. Раттур, Е. В. Сливочное масло – важный продукт в организации правильного питания / Е. В. Раттур, В. В. Червцов // Переработка молока. – 2014. – Т. 174, № 4. – С. 24–26.
9. Вышемирский, Ф. А. Роль компонентов сливочного масла в формировании его структуры и качества / Ф. А. Вышемирский, Ю. Я. Свириденко // Сыроделие и маслоделие. – 2012. – № 5. – С. 12–15.
10. Мощенко, А. В. Ветеринарно-санитарные выводы о вредных и полезных свойствах сливочного масла / А. В. Мощенко, Е. В. Шмат // Тенденции развития науки и образования. – 2017. – № 25–2. – С. 33–34. DOI: <https://doi.org/10.18411/lj-30-04-2017-2-09>.
11. Sun, N.-N. Natural dietary and herbal products in anti-obesity treatment / N.-N. Sun, T.-Y. Wu, C.-F. Chau // Molecules. – 2016. – Vol. 21, № 10. – P. 1351–1366. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules21101351>.
12. Emadzadeh, B. Dynamic rheological and textural characteristics of low-calorie pistachio butter / B. Emadzadeh, S. M. A. Razavi, G. Schleinig // International Journal of Food Properties. – 2013. – Vol. 16, № 3. – P. 512–526. DOI: <https://doi.org/10.1080/10942912.2011.553758>.


13. Аверьянова, Е. В. Пектин. Получение и свойства: методические рекомендации / Е. В. Аверьянова. – Бийск : Алтайский государственный технический университет, 2006. – 44 с.
14. Родионова, Н. С. Исследование взаимодействия растительного сырья с водой в функциональных технологических системах / Н. С. Родионова, Л. Э. Глаголева // Вестник Воронежского Государственного технического университета. – 2010. – Т. 6, № 8. – С. 46–48.
15. О свекловичной пищевой клетчатке [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://bio-fi.ru/>. – Дата обращения: 14.03.2019.
16. Васильева, А. П. Исследование процессов набухания высокомолекулярных соединений / А. П. Васильева, Л. А. Ермакова, М. В. Воронкова // Сетевой научный журнал ОрелГАУ. – 2015. – Т. 4, № 1. – С. 26–27.

References


1. Vyshemirskiy FA. Ehntsiklopediya maslodeliya [Encyclopedia of butter production]. Uglich, 2015. 509 p. (In Russ.).
2. Topnikova EV. Nauchnye i prakticheskie aspekty proizvodstva produktov maslodeliya ponizhennoy zhirnosti [Scientific and practical aspects of the production of low-fat butter products]. Dr. eng. sci. diss. Kemerovo: KemIFST; 2017. 22 p.
3. Topnikova EV. Dairy butter, spread or the vegetable-dairy butter - what should a consumer choose? Cheesemaking and buttermaking. 2018;(1):37–39. (In Russ.).
4. Topnikova EV. Maintenance of the national range of butter and development of the present day varieties. Cheesemaking and buttermaking. 2012;(5):6–8. (In Russ.).
5. TR TS 033/2013 O bezopasnosti moloka i molochnoy produktsii [Technical Regulations of Customs Union 033/2013 On safety of milk and dairy products]. 2013. 107 p.
6. Racheva KYu, Stakheeva LM, Romanova AS. Butter portion of the diet. Molodezh' i nauka [Youth and Science]. 2016;(10):5–7. (In Russ.).
7. Bonomia EC, Luccasb V, Kieckbuscha TG. Characterization of the stearin obtained by thermal fractionation of anhydrous milk fat. Procedia Engineering. 2012;42:918–923. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.07.484>.
8. Rattur EV, Chervetsov VV. Slivochnoe maslo – vazhnyy produkt v organizatsii pravil'nogo pitaniya [Butter as an important product for proper nutrition]. Milk Processing. 2014;174(4):24–26. (In Russ.).
9. Vyshemirskii FA, Sviridenko YuYa. Role of the dairy butter components in formation of its structure and quality. Cheesemaking and buttermaking. 2012;(5):12–15. (In Russ.).
10. Moshchenko AV, Shmat EV. Veterinarno-sanitarnye vyvody o vrednykh i poleznykh svoystvakh slivochnogo masla [Veterinary and sanitary conclusions on the harmful and beneficial properties of butter]. Tendentsii razvitiya nauki i obrazovaniya [Trends in the development of science and education]. 2017;(25–2):33–34. (In Russ.).
11. Sun N-N, Wu T-Y, Chau C-F. Natural dietary and herbal products in anti-obesity treatment. Molecules. 2016;21(10):1351–1366. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules21101351>.
12. Emadzadeh B, Razavi SMA, Schleining G. Dynamic rheological and textural characteristics of low-calorie pistachio butter. International Journal of Food Properties. 2013;16(3):512–526. DOI: <https://doi.org/10.1080/10942912.2011.553758>.
13. Aver'yanova EV. Pektin. Poluchenie i svoystva: metodicheskie rekomendatsii [Pectin. Preparation and properties: methodical recommendations]. Biysk: Altai State Technical University; 2006. 44 p. (In Russ.).
14. Rodionova NS, Glagoleva LE. Research of interactions of vegetative raw materials with water in functional technological systems. Bulletin of Voronezh state technical University. 2010;6(8):46–48. (In Russ.).
15. O sveklovichnoy pishchevoy kletchatke [On beet dietary fiber] [Internet]. [cited 2019 Mar 14]. Available from: <http://bio-fi.ru/>.
16. Vasil'eva AP, Ermakova LA, Voronkova MV. Issledovanie protsessov nabukhaniya vysokomolekulyarnykh soedineniy [The processes of soaking of high-molecular compounds]. Setevoy nauchnyy zhurnal OrelGAU [Network scientific journal OrelGAU]. 2015;4(1):26–27. (In Russ.).

Сведения об авторах

Захарова Людмила Михайловна


д-р техн. наук, профессор кафедры технологий продуктов питания животного происхождения, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: + 7 (3842) 39-68-58
 <https://orcid.org/0000-0001-8688-051X>

Абушахманова Любовь Владимировна


аспирант кафедры технологий продуктов питания животного происхождения, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, e-mail: kroxaleva90@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0001-8148-5617>

Information about the authors

Lyudmila M. Zakharova

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
 <https://orcid.org/0000-0001-8688-051X>

Lyubov' V. Abushahmanova

Postgraduate Student of the Department of Technology of Food of Animal Origin, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, e-mail: kroxaleva90@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0001-8148-5617>

Технология получения белкового концентрата овса посевного с высокими физико-химическими и функционально-технологическими характеристиками

Е. В. Каширских^{1,*}, О. О. Бабич², О. В. Кригер¹

¹ ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»,
650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6

² ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта»,
236016, Россия, г. Калининград, ул. Александра Невского, 14

Дата поступления в редакцию: 11.04.2019

Дата принятия в печать: 21.06.2019

*e-mail: k8enya@gmail.com



© Е. В. Каширских, О. О. Бабич, О. В. Кригер, 2019

Аннотация. Интенсивная индустриализация общества изменила пищевые предпочтения потребителей, растет спрос на полноценные высокопитательные мясомолочные продукты. Это увеличило востребованность в зерновых культурах и привело к росту цен на корма для животных, что отразилось в изменениях цены и качества готовой продукции для сохранения рентабельности фермерских хозяйств. Как следствие, высокая стоимость животных белков ставит производителей в условия поиска равноценных источников белка, не уступающих по своим питательным свойствам животному. Наиболее культивируемым видом на сегодняшний день остается овес посевной (*Avena sativa* L.). Овес является источником качественного белка с оптимальным аминокислотным балансом. Работа посвящена исследованию технологии получения белкового концентрата зерен овса посевного (*Avena sativa*). Изучены значения параметров процесса экстракции белка из зерен овса. Для экстракции белка кислотным и щелочным способами оптимальными параметрами процесса являлись: температура 40 ± 2 °С, гидромодуль 1:10, продолжительность 90 мин, активная кислотность кислотной экстракции 2,0 ед., активная кислотность щелочной экстракции 9,0 ед. Подобраны значения параметров ультрафильтрации белкового экстракта (мембраны с диаметром пор 100 кДа при pH 8,0 и давлении 0,5 МПа). Ультрафильтрация белковых экстрактов, полученных из зерна овса щелочным и кислотным способами, позволила сконцентрировать белковые фракции с молекулярной массой 50 кДа и выше. Установлено, что использование в качестве осадителя 10 % водного раствора янтарной кислоты позволяет получить степень осаждения белков, которая равна 89,3 %. Разработан метод очистки белкового концентрата, полученного из зерен овса. Он характеризуется высоким содержанием белка и незаменимых аминокислот, имеет схожий состав с животными белками молока.

Ключевые слова. Овес, ультрафильтрация, питательная ценность, белковый изолят, экстракция белка

Для цитирования: Каширских, Е. В. Технология получения белкового концентрата овса посевного с высокими физико-химическими и функционально-технологическими характеристиками / Е. В. Каширских, О. О. Бабич, О. В. Кригер // Техника и технология пищевых производств. – 2019. – Т. 49, № 2. – С. 216–226. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-2-216-226>.

Original article

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

Production Technology for Oat Protein with Advanced Physicochemical, Functional, and Technological Properties

E.V. Kashirskih^{1,*}, O.O. Babich², O.V. Kriger¹

¹ Kemerovo State University,
6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650056, Russia

² Immanuel Kant Baltic Federal University,
14, A. Nevskogo Str., Kaliningrad, 236016, Russia

Received: April 11, 2019

Accepted: June 21, 2019

*e-mail: k8enya@gmail.com



© E.V. Kashirskih, O.O. Babich, O.V. Kriger, 2019

Abstract. The current intensive industrialization has changed the food preferences of consumers. As a result, there is a growing demand for high-grade high-nutritional meat and dairy products, which, in its turn, triggered an increase in the demand for grain crops and led to higher animal feed prices. All these affected the price and quality of the finished product, since farms are trying to stay profitable. As a consequence, the high cost of animal proteins make producers look for other sources of protein with similar qualities. Common oat (*Avena sativa* L.) remains the most cultivated species. Oats are a source of high-quality protein with an

optimal amino acid balance. The paper features a oat protein technology (*Avena sativa*). The research defined the parameters of the protein extraction process. For acid and alkaline methods, the following optimum parameters were revealed: temperature – $40 \pm 2^\circ\text{C}$, hydraulic module – 1:10, time – 90 minutes, active acidity of the acid extraction – 2.0 units, active acidity of alkaline extraction – 9.0 units. The authors managed to obtain protein substances with the molecular weight > 50 kDa. The optimal parameters of ultrafiltration of the protein extract were as follows: pore diameter = 100 kDa at pH 8.0 and 0.5 MPa. The ultrafiltration conducted under these conditions showed that the content of high molecular fractions (globulins and albumins) increased from 39.12% to 55.15% for the extract obtained by alkaline method, whereas the content of low molecular weight fractions (prolamins and glutelins) decreased from 60.88% to 44.85%. Ultrafiltration of protein extracts obtained by alkaline and acidic methods made it possible to concentrate protein fractions with a molecular weight ≥ 50 kDa. When a 10% aqueous solution of succinic acid was used as a precipitator, the protein precipitation degree equaled 89.3%. The paper introduces a new oat protein purification method. The optimal multiplicity of purification by RP-HPLC was 4 purification cycles. For the alkaline extract, the total content of high molecular weight fractions (50.0–120.0 kDa) was 72.7% and the total content of low molecular weight fractions (15.0–49.0 kDa) was 27.3%. For the acid extract, the total content of high molecular weight fractions was 72.9%, while the content of low molecular weight fractions was 27.1%. Oat proteins obtained by alkaline and acid extraction demonstrated a high foaming ability (148–177%) at pH = 6.0–9.0, as well as a good fat and water retention capacity. The oat proteins were found to have a high content of protein and essential amino acids similar to animal proteins. A comparative analysis showed that oat protein can act as an alternative substitute for animal proteins.

Keywords. Oat, ultrafiltration, nutritional value, protein isolate, protein extraction

For citation: Kashirskih EV, Babich OO, Kriger OV. Production Technology for Oat Protein with Advanced Physicochemical, Functional, and Technological Properties. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2019;49(2):216–226. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-2-216-226>.

Введение

Рост исследований в области здорового питания обусловлен широким комплексом мероприятий, направленных на пропаганду здорового образа питания. Функциональные продукты, характеризующиеся наличием биоактивных компонентов в своем составе, оказывают благоприятное воздействие на организм человека, привлекают все больше внимания. Оптимальный баланс содержания белков, жиров и углеводов, обеспеченность макроэлементами и витаминами в рационе питания – важнейшие условия сохранения жизнедеятельности человека [1]. В данном аспекте является актуальным поиск новых компонентов для создания продуктов питания с заданными свойствами [2]. Тенденция развития пищевой промышленности направлена на производство функциональных продуктов питания, благоприятно воздействующих на организм.

Интенсивный рост численности населения, ухудшение экологической ситуации, увеличение цен на энергоресурсы привели к тому, что вопрос рентабельности производства доступных и полноценных пищевых продуктов стоит довольно остро. Кроме того, эти факторы влияют на развитие сельского хозяйства в целом. Увеличение доходов населения, как следствие интенсивной индустриализации, повлияло на уровень спроса на высокопитательные мясомолочные продукты. Это повысило уровень востребованности зерновых культур и привело к росту цен на зерновые. Стабильность таких форм сельского хозяйства, как животноводство и птицеводство напрямую зависят от качества и количества кормов для животных. Например, чтобы получить 1 кг привеса крупного рогатого скота необходимо от 8 до 18 кг кормов. Результат – достаточно высокая себестоимость высококачественных животных белков. В сложившихся условиях мирового рынка актуален вопрос поиска равноценных источников белка [1].

Все ресурсы пищевого белка делятся на две основные группы: растительного и животного происхождения. Все больше внимания уделяется увеличению

ресурсов пищевого белка путем совершенствования техники и технологий переработки традиционных и нетрадиционных сырьевых ресурсов в отраслях пищевой промышленности, расширению ассортимента полноценных продуктов питания в разном ценовом диапазоне [3]. Состав продуктов питания функциональной направленности представлен: витаминами, пищевыми волокнами, молочнокислыми бактериями, аминокислотами, фосфолипидами, протеинами, макро- и микроэлементами, растительными ферментами, органическими кислотами и др [5]. Особый интерес среди них представляют протеины.

Животные белки в основном представлены белками молока и широко используются в различных отраслях пищевой промышленности. Нормализованное молоко содержит около 3,5 г общего белка на 100 мл, который делится на две основные категории по растворимости при pH 4,6 и при температуре более 8°C . В этих условиях около 80 % общего азота осаждается. Эта фракция является казеином, в то время как остальные 20 % остаются растворимыми в сыворотке. Приблизительно 15 %, представлены сывороочными белками, оставшиеся 5 % – небелковые азотистые компоненты [6].

Фактическое и потенциальное использование молочных белков в качестве пищевых ингредиентов достаточно широкая тема для исследований. Можно отметить следующие направления использования молочных белков: производство продуктов специального назначения, производство детского, функционального и лечебного питания, а также в биотехнологии при производстве других продуктов питания заданного состава [7–11].

Если рассматривать целесообразность использования животных или растительных белков, то необходимо учитывать достаточно высокую стоимость высококачественных животных белков. Поэтому многие авторы считают наиболее эффективным способом производства пищевых белков (для обогащения про-

дуктов и замены белков животного происхождения) переработку продуктов растительного сырья.

Пищевые достоинства овса привлекают внимание исследователей во всем мире и способствуют повышению интереса производителей пищевой промышленности к использованию овса в качестве пищевого ингредиента в различных пищевых продуктах, включая детские продукты, хлеб, овсяное молоко, напитки, хлопья для завтрака и печенье [12–15]. Исследования показывают, что введение овса в пищевой рацион помогает решить проблемы, связанные с желудочно-кишечным трактом [16]. Овес также обладает антиканцерогенным эффектом, может быть использован в диетическом питании людей больных целиакией, а также для снижения уровня сахара и холестерина в крови [17, 18]. Поступление в организм человек повышенного количества насыщенных жирных кислот и холестерина является следствием излишнего употребления в пищу животных белков. Растительное сырье все чаще рассматривается не только как источник пищевых волокон и биологически активных веществ, но и как компонент для создания функциональных продуктов питания. Злаковые культуры можно считать перспективным сырьем для производства функциональных продуктов питания, из которых овес посевной (*Avena sativa*) занимает лидирующие позиции [19, 20]. Овес известен как хороший источник β -глюкана. Его содержание составляет 2,0–8,5 % [21].

Овес имеет хорошо сбалансированный питательный состав, является источником качественного белка с оптимальным аминокислотным балансом [22, 23]. Содержание крахмала в зерновых культурах влияет на показатель перевариваемости и относится к важным показателям качества зерна. Количество амилозы в крахмале овса около 25–30 %. Относительно других зерновых этот показатель по своим физическим параметрам значительно отличается [24].

Известные технологии переработки овса в пищевых целях имеют ряд недостатков из-за потери боль-

шей части питательных и биологических веществ во вторичное сырье. В результате снижается выход конечного продукта, который имеет относительно низкую пищевую ценность [25, 26]. Исследования и разработки технологий переработки зерновой культуры овса необходимы для определения новых функциональных соединений овса и для извлечения этих компонентов во фракции, которые могут быть включены в состав пищевых продуктов функциональной направленности. Целью работы является совершенствование технологии повышения качественных характеристик белкового концентрата зерен овса посевного (*Avena sativa*) и изучение его потенциала как альтернативы животных белков.

Объекты и методы исследования

Объектами исследований являлись зерна овса сорта «Сибирский голозерный» урожая 2018 года (ООО «Сибирская клетчатка», Россия). Образцы зерна предварительно измельчали с помощью лабораторной мельницы (ЛМТ-1, Россия) до частиц размером не более 1 мм.

В процессе экстракции белка в качестве экстрагентов использовали водные растворы гидроксида калия (KOH) и гидроксида натрия (NaOH) (щелочная экстракция) и водные растворы соляной (HCl) и серной (H₂SO₄) кислот (кислотная экстракция). В процессе изучения технологии экстракции белка зерен овса варьировали pH среды, температуру, гидромодуль, продолжительность процесса и измеряли выход белка в полученных концентратах [27].

Очистку белковых экстрактов проводили методом ультрафильтрации с использованием установки МФУ-Р-45-300 (Россия) и мембран с диаметром пор 50 и 100 кДа (Biomax, Мерс, Германия). pH процесса варьировали от 5,0 до 9,0, давление – от 0,2 до 0,5 МПа. Контролировали степень концентрирования и интегральную селективность мембраны по белку [28].

Молекулярно-массовое распределение белков и пептидов в белковом экстракте, полученном из зерна

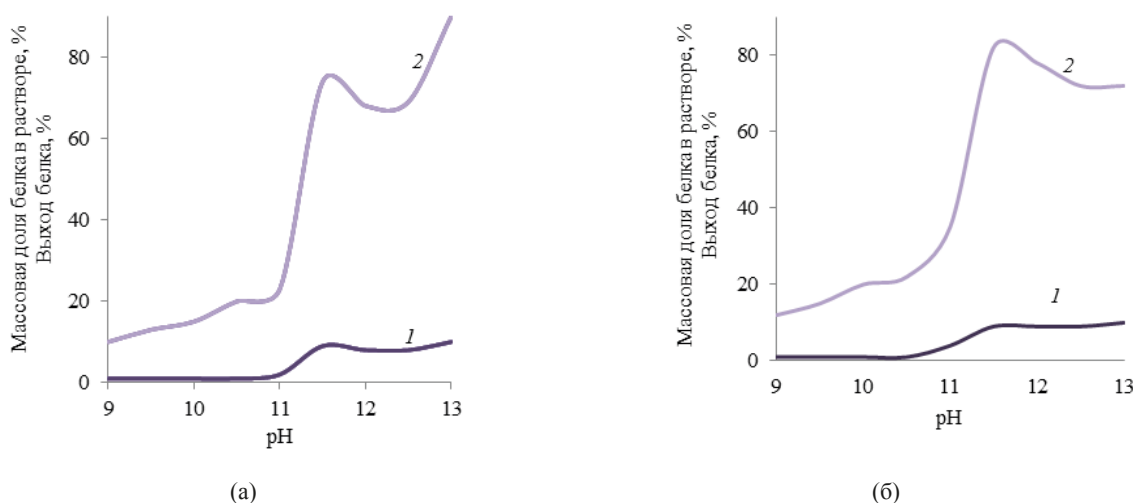


Рисунок 1. Влияние pH среды на выход белка: а – экстрагент KOH, б – экстрагент NaOH; 1 – массовая доля белка в растворе, 2 – выход белка

Figure 1. Effect of pH environment on protein yield: a – KOH extractant; б – NaOH extractant; 1 – mass fraction of protein in the solution, 2 – protein yield

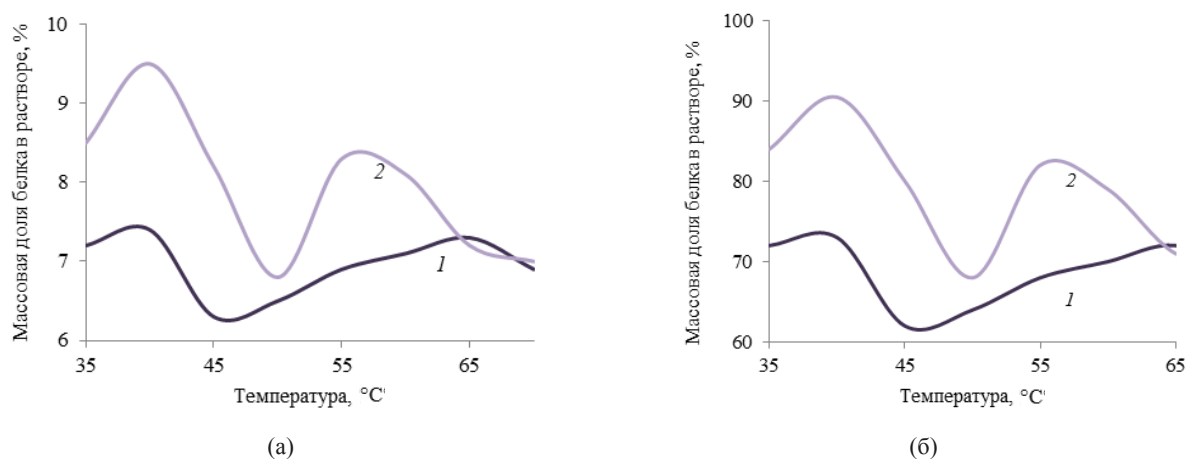


Рисунок 2. Влияние температуры на массовую долю белка в растворе (а) и на выход белка (б): 1 – экстрагент KOH, 2 – экстрагент NaOH

Figure 2. Effect of temperature on the mass fraction of protein in the solution (a) and on the protein yield (b): 1 – extractant KOH, 2 – extractant NaOH

овса щелочной и кислотной экстракцией, определяли методом электрофореза в полиакриламидном геле [29].

Для осаждения белка из белковых концентратов в качестве осадителя выбрали 10 % водный раствор янтарной кислоты.

Для полной очистки белкового концентрата, полученного из зерна овса, от низкомолекулярных фракций применяли с (ОФ-ВЭЖХ) на хроматографе LC-20 (Shimadzu, Япония), элюируя белок в градиенте концентраций хлористого натрия [28].

Аминокислотный состав определяли с использованием автоматического аминокислотного анализатора Agacus PMA GmbH (PMA GmbH, Германия), в котором определение аминокислот основано на катионообменном разделении.

Результаты и их обсуждение

По химическому составу зерна овса выделяются среди других зерновых культур и являются ценным источником водорастворимых белков и других биологически активных соединений [29]. В результате подбора значений параметров щелочной экстракции белка были получены результаты изучения влияния pH среды на выход белка (рис. 1).

На основании анализа рисунка 1 выбрали рекомендованные значения pH среды для процесса щелочной экстракции, которые равны 11,5 ед. При этом значении pH обеспечивается максимальный выход белка с использованием экстрагента NaOH.

С. У. Ма было установлено, что количество экстрагируемого белка постепенно увеличивается с увеличением концентрации щелочи и pH, но есть пороговые значения при которых начинает повышаться вязкость и происходит изменение цвета концентрата, что нежелательно [30]. Сообщается о влиянии pH и температуры процесса на количество извлекаемого белка [31–33].

Результаты изучения влияния температуры процесса на выход белка представлены на рисунке 2. На его основании выбрана рекомендуемая температура щелочной экстракции белка из зерен овса – 40°C.

Важными значениями параметров экстракции также являются гидромодуль (соотношения растительного сырья и экстрагента) и продолжительность процесса. Результаты подбора гидромодуля приведены в таблице 1, продолжительности – таблица 2. Максимальный выход белка наблюдается при гидромодуле 1:10 и продолжительности процесса 90 мин.

Таким образом, подобраны рациональные значения параметров щелочной экстракции белка из зерен овса сорта «Сибирский голозерный»: экстрагент KOH или NaOH, температура 40 °C, активная кислотность 11,5 ед., гидромодуль 1:10, продолжительность процесса 90 мин.

Для изучения кислотного экстрагирования белка из зерен овса варьировали pH среды, температуру, гидромодуль, продолжительность процесса. Измеряли выход белка в полученных экстрактах. Подобраны

Таблица 1. Влияние гидромодуля на выход белка

Table 1. Effect of hydronic module on the protein yield

Гидромодуль	Экстрагент			
	KOH		NaOH	
	Массовая доля белка, %	Выход белка, %	Массовая доля белка, %	Выход белка, %
1:5	8,386 ± 0,419	41,31 ± 2,07	9,802 ± 0,490	48,28 ± 2,41
1:10	7,638 ± 0,382	75,25 ± 3,61	9,641 ± 0,482	94,98 ± 4,75
1:15	5,885 ± 0,294	86,86 ± 4,34	5,754 ± 0,288	84,93 ± 4,25
1:20	4,667 ± 0,233	91,95 ± 4,60	4,240 ± 0,212	83,54 ± 4,18

Таблица 2. Влияние продолжительности экстракции (NaOH) на выход белка

Table 2. Effect of extraction period (NaOH) on the protein yield

Продолжительность, мин	Массовая доля белка, %	Выход белка, %
30	8,221 ± 0,411	80,99 ± 4,85
60	9,316 ± 0,466	91,78 ± 5,50
90	9,506 ± 0,475	93,65 ± 5,62
120	9,536 ± 0,477	93,95 ± 5,64
150	9,566 ± 0,478	94,25 ± 5,65

рациональные значения параметров кислотной экстракции белка из зерен овса сорта «Сибирский голозерный»: экстрагент HCl или H₂SO₄, температура 40 °С, активная кислотность 2,0 ед., гидромодуль 1:10, продолжительность процесса 90 мин. При этих условиях показатель выхода белка достигал наибольшего значения и составил 45–47 %.

Ценным является присутствие в составе белкового экстракта, полученного из зерна овса, белковых веществ, имеющих молекулярную массу более 50 кДа. Наличие в полученном изоляте низкомолекулярных белковых веществ (менее 50 кДа) неприемлемо, так как это влияет на органолептические свойства и является причиной возникновения неприятного запаха и горького вкуса, что делает недопустимым использование белкового концентрата как компонента функциональных продуктов питания. В этой связи изучали молекулярно-массовое распределение белков и пептидов в белковом экстракте, полученном из зерна овса (сорт «Сибирский голозерный») щелочной и кислотной экстракцией (табл. 3).

Установлено, что в полученных белковых экстрактах преобладающими являются низкомолекулярные фракции (проламины и глютелины) – 60,88 % и 60,11 % в щелочном и кислотном экстракте соответственно. Это, в свою очередь, требует очистки бел-

Таблица 3. Результаты исследования молекулярно-массового распределения белков и пептидов в белковом экстракте, полученном из зерна овса

Table 3. Molecular mass distribution of proteins and peptides in the oat protein

Диапазон молекулярных масс, кДа	Относительное содержание фракции в экстракте, %	
	Щелочная экстракция	Кислотная экстракция
70,0-120,0 (глобулины)	25,67 ± 1,28	27,15 ± 1,36
50,0-70,0 (альбумины)	13,45 ± 0,67	12,74 ± 0,64
25,0-50,0 (проламины)	16,10 ± 0,81	17,27 ± 0,86
15,0-25,0 (глютелины)	44,78 ± 2,24	42,84 ± 2,14

ковых экстрактов зерна овса от низкомолекулярных примесей.

Контроль эффективности ультрафильтрации показал, что в белковом экстракте, полученном из зерна овса щелочным способом, после ультрафильтрации при выбранных режимах содержание высокомолекулярных фракций (глобулинов и альбуминов) увеличилось с 39,12 % до 55,15 %, а содержание низкомолекулярных фракций (проламинов и глютелинов) уменьшилось с 60,88 % до 44,85 %. В белковом экстракте, полученном из зерна овса кислотным способом, содержание высокомолекулярных фракций (глобулинов и альбуминов) увеличилось с 39,89 % до 56,63 %, а содержание низкомолекулярных фракций (проламинов и глютелинов) уменьшилось с 60,11 % до 43,37 %. Таким образом, ультрафильтрация белковых экстрактов позволяет сконцентрировать белковые фракции с молекулярной массой 50 кДа и выше.

Также подбирали параметры осаждения белка из белковых концентратов. В качестве осадителя выбрали 10 % водный раствор янтарной кислоты. Установлено, что его использование позволяет получить степень осаждения белков, которая равна 89,3 %.

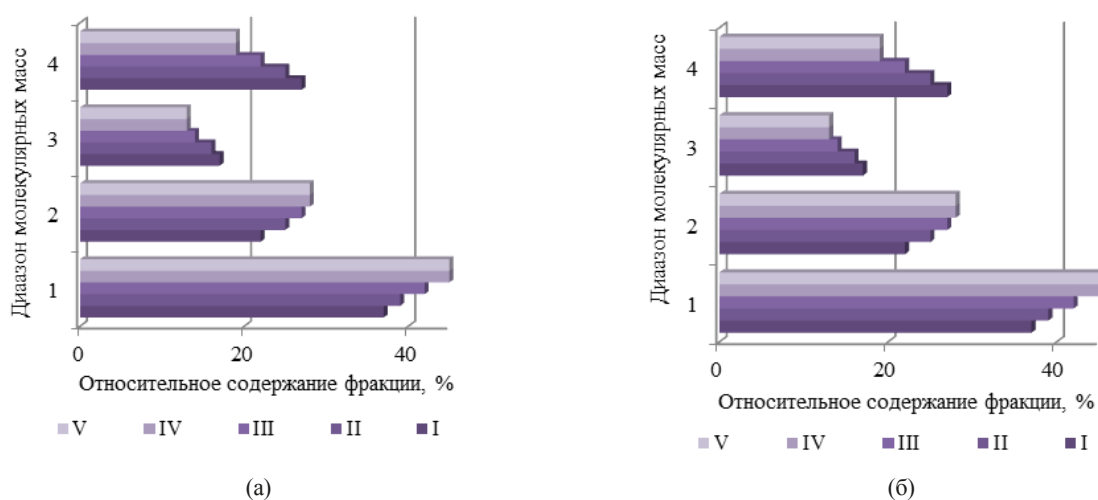


Рисунок 3. Результаты исследования молекулярно-массового распределения белков и пептидов в белковом концентрате, полученном из зерна овса щелочной (а) и кислотной (б) экстракцией, подвергнутом ОФ ВЭЖХ: 1 – 70,0–120,0 кДа, 2 – 50,0–70,0 кДа, 3 – 25,0–50,0 кДа, 4 – 15,0–25,0 кДа; I – 1 цикл ОФ ВЭЖХ, II – 2 цикла ОФ ВЭЖХ, III – 3 цикла ОФ ВЭЖХ, IV – 4 цикла ОФ ВЭЖХ, V – 5 циклов ОФ ВЭЖХ

Figure 3. Molecular mass distribution of proteins and peptides in the oat protein obtained by alkaline (a) and acid (b) extractions after RP HPLC: 1 – 70.0–120.0 kDa, 2 – 50.0–70.0 kDa, 3 – 25.0–50.0 kDa, 4 – 15.0–25.0 kDa; I – 1 cycle of RP HPLC, II – 2 cycles, III – 3 cycles, IV – 4 cycles, V – 5 cycles

Таблица 4. Физико-химические свойства белкового концентрата, полученного из зерна овса

Table 4. Physical and chemical properties of oat protein

Наименование показателя	Значение показателя для белковых концентратов, полученных разными методами	
	щелочная экстракция	кислотная экстракция
Массовая доля белка, %	87,6 ± 4,4	86,9 ± 4,4
Массовая доля жира, %	1,8 ± 0,1	2,1 ± 0,1
Массовая доля золь, %	1,5 ± 0,1	1,4 ± 0,1
Перевариваемость, %	92,5 ± 4,6	91,7 ± 4,6
Обменная энергия, МДж/г	17,5 ± 0,9	17,7 ± 0,9

В процессе разработки метода очистки белкового концентрата осуществляли пять последовательных циклов ОФ ВЭЖХ и определяли молекулярно-массовое распределение белков в очищенном белковом концентрате (рис. 3).

Проведенные исследования показали, что оптимальной кратностью очистки белкового концентрата, полученного из зерна овса, методом ОФВЭЖХ является 4 цикла очистки. При выбранном количестве циклов ОФВЭЖХ суммарное содержание высокомолекулярных фракций (50,0–120,0 кДа) в белковом концентрате, полученном из зерна овса щелочной экстракцией, составляет 72,7 %, суммарное содержание низкомолекулярных фракций (15,0–49,0 кДа) – 27,3 %. В белковом концентрате, полученном из зерна овса кислотной экстракцией, суммарное содержание высокомолекулярных фракций составляет 72,9 %, содержание низкомолекулярных фракций – 27,1 %.

Для оценки качества белкового изолята были изучены физико-химические показатели, функционально-технологические свойства, показатели биологической активности. Установлено (табл. 4), что белковые концентраты характеризуются высоким содержанием белка (86,9–87,6 %), а также высокими значениями обменной энергии (17,5–17,7 МДж/г) и перевариваемости (91,7–92,5 %).

Овес является источником высококачественных белков. Растительный белок считается ценным из-за своего аминокислотного состава, так как аминокислоты являются основными строительными элементами в организме человека. Они обладают сбалансированным составом аминокислот и высоким содержанием жира по сравнению с другими злаками. Питательная ценность белка изучена многими учеными [34–36]. Белковые концентраты характеризуются высоким содержанием незаменимых аминокислот (табл. 5): лейцина (6,85–6,89 г/100 г продукта), валина (5,98–6,03 г/100 г продукта), лизина (4,84–4,86 г/100 г продукта), фенилаланина (4,65–4,68 г/100 г продукта), треонина (3,76–3,81 г/100 г продукта), изолейцина (3,92–3,96 г/100 г продукта) и метионина (2,60–2,65 г/100 г продукта).

Сравнительный анализ аминокислотного состава белкового концентрата, полученного из зерна овса и данных из работы А. Ю. Просекова и М. Г. Курбановой, представлен на рисунке 4 [6]. Содержание аргинина в белковом концентрате овса приблизительно в 1,5 раза превышает содержание аналогичной кислоты в казеине белков молока. Отмечено низкое содержание аминокислоты – цистина в белковом концентрате зерен овса по отношению к этому показателю в α-лактальбумине – в 15 раз. Кроме того, в аминокислотном составе белкового концентрата зерен овса показано отсутствие незаменимой аминокислоты триптофана. Литературные источники подтверждают полученные данные [37]. В остальных случаях установлена небольшая разница значений (10–15 %) содержания растительного и животного белка представленных образцов по представленным аминокислотам – аспаргиновая кислота, валин, гистидин, глутаминовая кислота, метионин, пролин, серин, треонин, фенилаланин.

На основании проведенного анализа можно рекомендовать белковый концентрат, полученный из зерен овса, для рассмотрения в качестве альтернативы животных белков, в частности белков молока. Литературные данные о том, что овес является источником

Таблица 5. Аминокислотный состав белкового концентрата, полученного из зерна овса

Table 5. Amino acid composition of oat protein

Наименование аминокислоты	Содержание аминокислоты в белковом концентрате, г/100 г продукта		Наименование аминокислоты	Содержание аминокислоты в белковом концентрате, г/100 г продукта	
	щелочная экстракция	кислотная экстракция		щелочная экстракция	кислотная экстракция
Аспарагиновая кислота	9,21 ± 0,46	9,16 ± 0,46	Лейцин	6,89 ± 0,34	6,85 ± 0,34
Серин	4,12 ± 0,21	4,15 ± 0,21	Изолейцин	3,96 ± 0,20	3,92 ± 0,20
Треонин	3,81 ± 0,19	3,76 ± 0,19	Тирозин	2,50 ± 0,13	2,47 ± 0,12
Глутаминовая кислота	17,81 ± 0,89	17,67 ± 0,88	Фенилаланин	4,68 ± 0,23	4,65 ± 0,23
Пролин	2,11 ± 0,11	2,08 ± 0,10	Гистидин	2,12 ± 0,11	2,10 ± 0,11
Глицин	5,35 ± 0,27	5,27 ± 0,26	Лизин	4,86 ± 0,24	4,84 ± 0,24
Аланин	4,79 ± 0,24	4,73 ± 0,24	Валин	6,03 ± 0,30	5,98 ± 0,30
Цистин	0,47 ± 0,02	0,41 ± 0,02	Аргинин	5,98 ± 0,30	5,87 ± 0,29
Метионин	2,65 ± 0,13	2,60 ± 0,13	Сумма	86,84 ± 4,34	86,51 ± 4,33

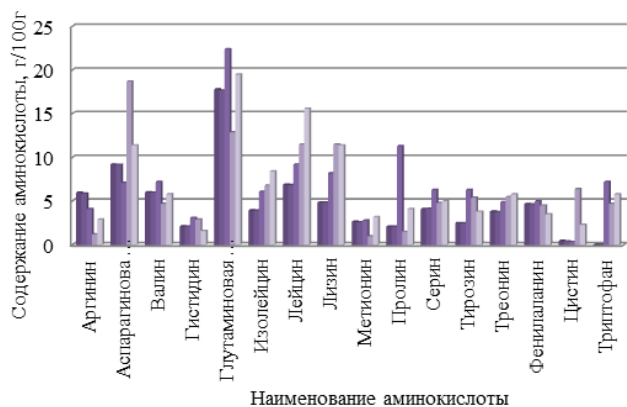


Рисунок 4. Содержание аминокислот, г/100 г: 1 – в белковом концентрате, полученном щелочной экстракцией зерен овса; 2 – в белковом концентрате, полученном кислотной экстракцией зерен овса; 3 – в казеине молока; 4 – в α -лактальбумине молока; 5 – β -лактоглобулине

Figure 4. Amino acid content, g/100 g: 1 – in oat protein obtained by alkaline extraction; 2 – in oat protein obtained by acid extraction; 3 – in milk casein; 4 – in milk α -lactalbumin; 5 – in β -lactoglobulin

высококачественных белков, обладающих сбалансированным составом аминокислот, подтвердились.

Для белкового концентрата, полученного из зерна овса, изучали функционально-технологические свойства: растворимость (рис. 5), водоудерживающая и жиरोудерживающая способность (табл. 6), пенообразующая способность (рис. 6).

Таблица 6. Результаты изучения водоудерживающей и жиरोудерживающей способности белковых концентратов, полученных из зерна овса методами щелочной и кислотной экстракции

Table 6. Water-holding and fat-holding capacity of oat protein obtained by alkaline and acid extractions

Наименование образца	Водоудерживающая способность, мл/г	Жиरोудерживающая способность, мл/г
Белковый концентрат, выделенный из зерен овса методом щелочной экстракции	2,95 ± 0,15	1,55 ± 0,08
Белковый концентрат, выделенный из зерен овса методом кислотной экстракции	3,28 ± 0,16	1,74 ± 0,09

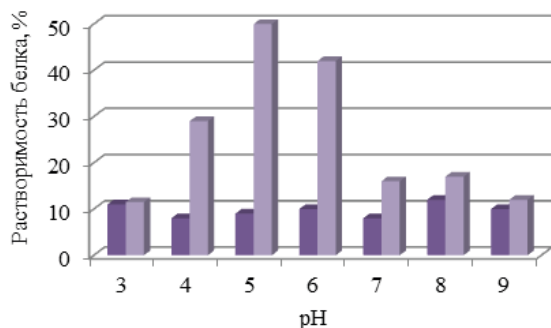


Рисунок 5. Зависимость растворимости белковых концентратов, выделенных из зерен овса различными способами: 1 – щелочная экстракция; 2 – кислотная экстракция

Figure 5. Solubility of oat proteins: 1 – alkaline extraction; 2 – acid extraction

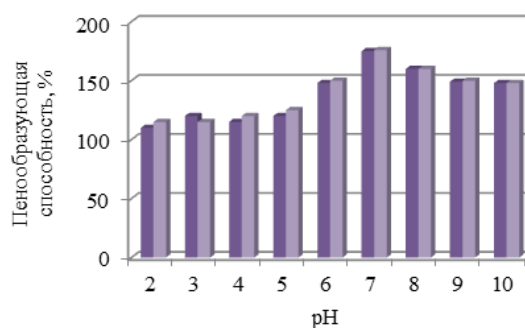


Рисунок 6. Зависимость пенообразующей способности белковых концентратов, выделенных из зерна овса различными методами, от pH: 1 – щелочная экстракция; 2 – кислотная экстракция

Figure 6. Effect of pH on the foaming ability of oat proteins: 1 – alkaline extraction; 2 – acid extraction

Из рисунков 5, 6 следует, что у белкового концентрата, полученного щелочным способом, наблюдается полимодальность распределения значений растворимости с максимумами для значений pH, которые равны 3 и 8. Для белкового концентрата, полученного методом кислотной экстракции, наблюдается четкий оптимум растворимости при активной кислотности от 5,0 до 6,0.

Показано, что белковые концентраты, полученные из зерна овса двумя способами (щелочная и кислотная экстракция), характеризуются высокими значениями пенообразующей способности (148–177 %) при значениях pH от 6,0 до 9,0 (рис. 5), а также жиरो- и водоудерживающей способности (табл. 6).

Для анализа перспектив использования белковых концентратов в производстве функциональных продуктов питания исследовали их антимикробные свойства *in vitro*.

Выводы

Проведенные исследования выявили рекомендуемые, в рамках данных выборок, значения процесса экстракции белка из зерен овса. Показано, что для экстракции белка кислотным и щелочным способами рациональными значениями технологических параметров процесса являются: температура 40 ± 2 °С, гидромодуль 1:10, продолжительность 90 мин, активная кислотность кислотной экстракции 2,0 ед., активная кислотность щелочной экстракции

9,0 ед. Максимально производительный способ получения белкового продукта из зерен овса – метод щелочной экстракции.

Подобраны значения параметров ультрафильтрации белкового экстракта зерен овса, полученного щелочным способом: мембраны с диаметром пор 100 кДа при рН 8,0 и давлении 0,5 МПа. В данном случае достигается величина интегральной селективности мембраны 0,83 и степень концентрирования 4,9. Аналогичные значения параметров ультрафильтрации (диаметр пор мембран 100 кДа, рН 8,0, давление 0,5 МПа) выбраны для белковых экстрактов, полученных из зерна овса кислотной экстракцией (интегральная селективность мембраны 0,75, степень концентрирования 4,5). Ультрафильтрация белковых экстрактов, полученных из зерна овса щелочным и кислотным способами при установленных условиях, позволила сконцентрировать белковые фракции с молекулярной массой 50 кДа и выше: их содержание в щелочном экстракте составляет 55,15 %, в кислотном экстракте – 56,63 %.

Разработан метод очистки белкового концентрата, полученного из зерен овса, – 4 цикла ОФВЭЖХ.

Метод позволяет очистить белковый концентрат, полученный из зерна овса щелочным способом, до суммарного содержания высокомолекулярных фракций 72,7 %, а белковый концентрат, полученный из зерна овса кислотным способом, – до суммарного содержания высокомолекулярных фракций 72,9 %.

Установили, что белковый концентрат характеризуется высоким содержанием белка, незаменимых аминокислот, высокими значениями перевариваемости, пенообразующей способности, жиро- и вододерживающей способности. На основании данных сравнительного анализа, белковый концентрат, полученный из зерен овса, обладает достаточными характеристиками, чтобы выступать в качестве альтернативной замены животных белков.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках госзадания (проект 15.4642.2017/8.9).

Список литературы

1. 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>.
2. Перфилова, О. В. Социальная значимость создания продуктов для здорового и функционального питания с использованием вторичного фруктово-овощного сырья / О. В. Перфилова, Г. О. Магомедов, В. А. Бабушкин [и др.] // *Наука и Образование*. – 2019. – № 1. – С. 41.
3. Пасичный, В. Н. Проблема белка или проблема качества пищи / В. Н. Пасичный // *Мясной бизнес*. – 2004. – № 2. – С. 12–18.
4. *In vivo* study of medical and biological properties of functional bakery products with the addition of pumpkin flour / L. Dyshlyuk, O. Babich, A. Prosekov [et al.] // *Bioactive carbohydrates and dietary fibre*. – 2017. – Vol. 12. – P. 20–24. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bcdf.2017.09.001>.
5. Izgaryshev, A. V. Technological Features of Obtaining an Antianemic Product with the Maximum Heme Iron Content / A. V. Izgaryshev, A. Yu. Prosekov, O. O. Babich // *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*. – 2017. – Vol. 9, № 7. – P. 1128–1132.
6. Просеков, А. Ю. Анализ состава и свойств белков молока с целью использования в различных отраслях пищевой промышленности / А. Ю. Просеков, М. Г. Курбанова // *Техника и технология пищевых производств*. – 2009. – Т. 15, № 4. – С. 68–71.
7. Foods for special dietary needs: Non-dairy plant-based milk substitutes and fermented dairy-type products / O. E. Mäkinen, V. Wanhalinna, E. Zannini [et al.] // *Critical reviews in food science and nutrition*. – 2016. – Vol. 56, № 3. – P. 339–349. DOI: <https://doi.org/10.1080/10408398.2012.761950>.
8. Beta-lactoglobulin removal from whey protein concentrates: Production of milk derivatives as a base for infant formulas / M. E. Lucena, S. Alvarez, C. Menéndez [et al.] // *Separation and Purification Technology*. – 2006. – Vol. 52, № 2. – P. 310–316. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2006.05.006>.
9. Innovative uses of milk protein concentrates in product development / S. Agarwal, R. L. Beausire, S. Patel [et al.] // *Journal of Food Science*. – 2015. – Vol. 80, № 1. – P. A23–A29. DOI: <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12807>.
10. Study of the biofunctional properties of cedar pine oil with the use of *in vitro* testing cultures / A. Yu. Prosekov, L. S. Dyshlyuk, I. S. Milent'eva [et al.] // *Foods and Raw Materials*. – 2018. – Vol. 6, № 1. – P. 136–143. DOI: <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2018-1-136-143>.
11. Halavach, T. M. Enzymatic hydrolysis of milk proteins as a basis of specialized food products biotechnology / T. M. Halavach, V. P. Kurchenko, A. I. Albulov // *Nauka i studia*. – 2016. – Vol. 3. – P. 1196–1207.
12. Ryan, L. Oat-based breakfast cereals are a rich source of polyphenols and high in antioxidant potential / L. Ryan, P. S. Thondre, C. J. K. Henry // *Journal of Food Composition and Analysis*. – 2011. – Vol. 24, № 7. – P. 929–934. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2011.02.002>.
13. Molecular characterisation of 36 oat varieties and *in vitro* assessment of their suitability for celiac's diet / C. Ballabio, F. Uberti, S. Manfredelli [et al.] // *Journal of Cereal Science*. – 2011. – Vol. 54, № 1. – P. 110–115. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2011.04.004>.

14. 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>.
15. Stark, A. Dietary fiber / A. Stark, Z. Madar // Functional foods. Designer foods, pharmafoods, nutraceuticals / I. Goldberg. – New York : Springer, 1994. – P. 183–201. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-1-4615-2073-3>.
16. Gallaher, D. D. Dietary fiber and its physiological effects / D. D. Gallaher // Essentials of Functional Foods / M. K. Schmidt, T. P. Labuza. – Springer, 2000. – P. 271–292.
17. Пашенко, Л. Овес сегодня и навсегда / Л. Пашенко // Хлебопродукты. – 2008. – № 2. – С. 35–37.
18. Nutritional advantages of oats and opportunities for its processing as value added foods / P. Rasane, A. Jha, L. Sabikhi [et al.] // Journal of Food Science and Technology. – 2015. – Vol. 52, № 2. – P. 652–662. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13197-013-1072-1>.
19. Lipid removal enhances separation of oat grain cell wall material from starch and protein / J. Sibakov, O. Myllymäki, U. Holopainen [et al.] // Journal of Cereal Science. – 2011. – Vol. 54, № 1. – P. 104–109. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2011.04.003>.
20. 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>.
21. Mehta, B. Sensory evaluation and nutritional composition of oat based value added gluten free muffins / B. Mehta, S. Jood // Food Science Research Journal. – 2018. – Vol. 9, № 1. – P. 12–19. DOI: <https://doi.org/10.15740/HAS/FSRJ/9.1/12-19>.
22. Лоскутов, И. Овес: функциональные свойства и особенности использования / И. Лоскутов // Хлебопечение / Кондитерская сфера. – 2016. – Т. 65, № 3. – С. 17.
23. Oat protein concentrate production / O. V. Kriger, E. V. Kashirskikh, O. O. Babich [et al.] // Foods and Raw Materials. – 2018. – Vol. 6, № 1. – P. 47–55. DOI: <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2018-1-47-55>.
24. Gupta, S. Process optimization for the development of a functional beverage based on lactic acid fermentation of oats / S. Gupta, S. Cox, N. Abu-Ghannam // Biochemical Engineering Journal. – 2010. – Vol. 52, № 2–3. – P. 199–204. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bej.2010.08.008>.
25. Nutritional properties of various oat and naked oat cultivars / T. Boeck, S. D'Amico, E. Zechner [et al.] // Bodenkultur. – 2018. – Vol. 69, № 4. – P. 215–226. DOI: <https://doi.org/10.2478/boku-2018-0018>.
26. Шишков, В. А. Разработка технологии получения белковых препаратов из растительного сырья с применением ферментативных и мембранных процессов / В. А. Шишков [Электронный ресурс]. – Режим доступ: <http://dis.podelise.ru/text/index85427.html>. – Дата обращения: 17.10.2018.
27. Functional sports food based on the oat grain protein concentrate / Y. Yang, E. V. Kashirskikh, S. Y. Garmashov [et al.] // Science Evolution. – 2017. – Vol. 1. – P. 73–81. DOI: <https://doi.org/10.21603/2500-1418-2017-2-1-73-81>.
28. Остерман, Л. А. Методы исследования белков и нуклеиновых кислот: Электрофорез и ультрацентрифугирование (практическое пособие) / Л. А. Остерман. – М. : Наука. – 1981. – 288 с.
29. Pomeranz, Y. Industrial uses of oats / Y. Pomeranz // The Oat Crop. Production and Utilization / R. Welch. – Dordrecht : Springer Netherlands, 1995. – P. 480–503. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-94-011-0015-1>.
30. Ma, C. Y. Chemical characterization and functionality assessment of protein concentrates from oats / C. Y. Ma // Cereal Chemistry. – 1983. – Vol. 60. – P. 36–42.
31. Guan, X. Optimization of Viscozyme L-assisted extraction of oat bran protein using response surface methodology / X. Guan, H. Yao // Food Chemistry. – 2008. – Vol. 106, № 1. – P. 345–351. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.05.041>.
32. Protein isolate from high-protein oats: Preparation, composition and properties / Y. V. Wu, K. R. Sexson, J. E. Cluskey [et al.] // Journal of Food Science. – 1977. – Vol. 42, № 5. – P. 1383–1386. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1977.tb14504.x>.
33. Studying the features of the protein extraction from oat grains / L. S. Dyshlyuk, A. V. Izgaryshev, S. Y. Garmashov [et al.] // Journal of Pharmaceutical Sciences and Research. – 2017. – Vol. 9, № 8. – P. 1344–1349.
34. Oats protein isolate: Thermal, rheological, surface and functional properties / A. Mohamed, G. Biresaw, J. Xu [et al.] // Food Research International. – 2009. – Vol. 42, № 1. – P. 107–114. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2008.10.011>.
35. Identification and characterization of high protein oat lines from a mutagenized oat population / B. A. Sunilkumara, S. Leonova, R. Öste [et al.] // Journal of Cereal Science. – 2017. – Vol. 75. – P. 100–107. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2017.03.003>.
36. Pomeranz, Y. Amino acid composition of oat groats / Y. Pomeranz, G. S. Robbins, L. W. Briggles // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 1971. – Vol. 19, № 3. – P. 536–539. – DOI: <https://doi.org/10.1021/jf60175a016>.
37. Characterization and functional evaluation of oat protein isolate-*Pleurotus ostreatus* β -glucan conjugates formed via Maillard reaction / L. Zhong, N. Ma, Y. Wu [et al.] // Food Hydrocolloids. – 2019. – Vol. 87. – P. 459–469. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.08.034>.

References

1. Prosekov AYu. Ivanova SA. Food security: The challenge of the present. Geoforum. 2018;91:73–77. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2018.02.030>.
2. Perfilova OV, Magomedov GO, Babushkin VA, Vlasova OG, Zelensky AA. Social importance of create out of products for healthy and functional nutrition using secondary fruit and vegetable raw materials. Nauka i obrazovanie [Science and education]. 2019;(1):41. (In Russ.).

3. Pasichnyy VN. Problema belka ili problema kachestva pishchi [Protein problem or food quality problem]. *Meat business*. 2004;(2):12–18. (In Russ.).
4. Dyshlyuk L, Babich O, Prosekov A, Ivanova S, Pavsky V, Yang Y. *In vivo* study of medical and biological properties of functional bakery products with the addition of pumpkin flour. *Bioactive carbohydrates and dietary fibre*. 2017;12:20–24. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bcdf.2017.09.001>.
5. Izgaryshev AV, Prosekov AYu, Babich OO. Technological Features of Obtaining an Antianemic Product with the Maximum Heme Iron Content. *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*. 2017;9(7):1128–1132.
6. Prosekov AYu, Kurbanova MG. Analiz sostava i svoystv belkov moloka s tsel'yu ispol'zovaniya v razlichnykh otraslyakh pishchevoy promyshlennosti [Analysis of the composition and properties of milk proteins to be used in various sectors of food industry]. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2009;15(4):68–71. (In Russ.).
7. Mäkinen OE, Wanhalinna V, Zannini E, Arendt EK. Foods for special dietary needs: Non-dairy plant-based milk substitutes and fermented dairy-type products. *Critical reviews in food science and nutrition*. 2016;56(3):339–349. DOI: <https://doi.org/10.1080/10408398.2012.761950>.
8. Lucena ME, Alvarez S, Menéndez C, Riera FA, Alvarez R. Beta-lactoglobulin removal from whey protein concentrates: Production of milk derivatives as a base for infant formulas. *Separation and Purification Technology*. 2006;52(2):310–316. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2006.05.006>.
9. Agarwal S, Beausire RL, Patel S, Patel H. Innovative uses of milk protein concentrates in product development. *Journal of Food Science*. 2015;80(1):A23–A29. DOI: <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12807>.
10. Prosekov AYu, Dyshlyuk LS, Milent'eva IS, Pavsky VA, Ivanova SA, Garmashov SY. Study of the biofunctional properties of cedar pine oil with the use of *in vitro* testing cultures. *Foods and Raw Materials*. 2018;6(1):136–143. DOI: <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2018-1-136-143>.
11. Halavach TM, Kurchenko VP, Albulov AI. Enzymatic hydrolysis of milk proteins as a basis of specialized food products biotechnology. *Nauka i studia*. 2016;3:1196–1207.
12. Ryan L, Thondre PS, Henry CJK. Oat-based breakfast cereals are a rich source of polyphenols and high in antioxidant potential. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2011;24(7):929–934. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2011.02.002>.
13. Ballabio C, Uberti F, Manferdelli S, Vacca E, Boggini G, Redaelli R, et al. Molecular characterisation of 36 oat varieties and *in vitro* assessment of their suitability for celiac's diet. *Journal of Cereal Science*. 2011;54(1):110–115. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2011.04.004>.
14. Prosekov A, Babich O, Kriger O, Ivanova S, Pavsky V, Sukhikh S, et al. Functional properties of the enzyme-modified protein from oat bran. *Food Bioscience*. 2018;24:46–49. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2018.05.003>.
15. Stark A, Madar Z. Dietary fiber. In: Goldberg I, editor. *Functional foods. Designer foods, pharmafoods, nutraceuticals*. New York: Springer; 1994. pp. 183–201. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-1-4615-2073-3>.
16. Gallaher DD. Dietary fiber and its physiological effects. In: Schmidt MK, Labuza TP, editors. *Essentials of Functional Foods*. Springer; 2000. pp. 271–292.
17. Pashchenko L. Oves segodnya i navsegda [Oats today and forever]. *Bread products*. 2008;(2):35–37. (In Russ.).
18. Rasane P, Jha A, Sabikhi L, Kumar A, Unnikrishnan VS. Nutritional advantages of oats and opportunities for its processing as value added foods. *Journal of Food Science and Technology*. 2015;52(2):652–662. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13197-013-1072-1>.
19. Sibakov J, Myllymäki O, Holopainen U, Kaukovirta-Norja A, Hietaniemi V, Pihlava JM, et al. Lipid removal enhances separation of oat grain cell wall material from starch and protein. *Journal of Cereal Science*. 2011;54(1):104–109. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2011.04.003>.
20. Prosekov AYu. Theory and practice of prion protein analysis in food products. *Foods and Raw materials*. 2014;2(2):106–120. DOI: <https://doi.org/10.12737/5467>.
21. Mehta B, Jood S. Sensory evaluation and nutritional composition of oat based value added gluten free muffins. *Food Science Research Journal*. 2018;9(1):12–19. DOI: <https://doi.org/10.15740/HAS/FSRJ/9.1/12-19>.
22. Loskutov I. Oves: funktsional'nye svoystva i osobennosti ispol'zovaniya [Oats: functional properties and special aspects of the use]. *Bakery / Confectionery industry*. 2016;65(3):17. (In Russ.).
23. Kriger OV, Kashirskikh EV, Babich OO, Noskova SY. Oat protein concentrate production. *Foods and Raw Materials*. 2018;6(1):47–55. DOI: <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2018-1-47-55>.
24. Gupta, S. Process optimization for the development of a functional beverage based on lactic acid fermentation of oats / S. Gupta, S. Cox, N. Abu-Ghannam // *Biochemical Engineering Journal*. – 2010. – Vol. 52, № 2–3. – P. 199–204. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bej.2010.08.008>.
25. Boeck T, D'Amico S, Zechner E, Jaeger H, Schoenlechner R. Nutritional properties of various oat and naked oat cultivars. *Bodenkultur*. 2018;69(4):215–226. DOI: <https://doi.org/10.2478/boku-2018-0018>.
26. Shishkov VA. Razrabotka tekhnologii polucheniya belkovykh preparatov iz rastitel'nogo syr'ya s primeneniem fermentativnykh i membrannykh protsessov [New technology for the production of protein preparations from vegetable raw

materials using enzymatic and membrane processes] [Internet]. [cited 2018 Oct 17]. Available from: <http://dis.podelise.ru/text/index85427.html>.

27. Yang Y, Kashirskikh EV, Garmashov SY, Izgaryshev AV, Kriger OV, Evsyukova AO. Functional sports food based on the oat grain protein concentrate. *Science Evolution*. 2017;1:73–81. DOI: <https://doi.org/10.21603/2500-1418-2017-2-1-73-81>.

28. Osterman LA. *Metody issledovaniya belkov i nukleinovyykh kislot: Ehlektroforez i ul'tratsentrifugirovanie (prakticheskoe posobie)* [Methods of research of proteins and nucleic acids: Electrophoresis and ultracentrifugation (practical guide)]. Moscow: Nauka; 1981. 288 p. (In Russ.).

29. Pomeranz Y. Industrial uses of oats. In: Welch R, editors. *The Oat Crop. Production and Utilization*. Dordrecht: Springer Netherlands; 1995. pp. 480–503. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-94-011-0015-1>.

30. Ma CY. Chemical characterization and functionality assessment of protein concentrates from oats. *Cereal Chemistry*. 1983;60:36–42.

31. Guan X, Yao H. Optimization of Viscozyme L-assisted extraction of oat bran protein using response surface methodology. *Food Chemistry*. 2008;106(1):345–351. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.05.041>.

32. Wu YV, Sexson KR, Cluskey JE, Inglett GE. Protein isolate from high-protein oats: Preparation, composition and properties. *Journal of Food Science*. 1977;42(5):1383–1386. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1977.tb14504.x>.

33. Dyshlyuk LS, Izgaryshev AV, Garmashov SY, Sukhikh SA, Kashirskih EV. Studying the features of the protein extraction from oat grains. *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*. 2017;9(8):1344–1349.

34. Mohamed A, Biresaw G, Xu J, Hojilla-Evangelista MP, Rayas-Duarte P. Oats protein isolate: Thermal, rheological, surface and functional properties. *Food Research International*. 2009;42(1):107–114. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2008.10.011>.

35. Sunilkumara BA, Leonova S, Öste R, Olsson O. Identification and characterization of high protein oat lines from a mutagenized oat population. *Journal of Cereal Science*. 2017;75:100–107. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2017.03.003>.

36. Pomeranz Y, Robbins GS, Briggles LW. Amino acid composition of oat groats. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 1971;19(3):536–539. – DOI: <https://doi.org/10.1021/jf60175a016>.

37. Zhong L, Ma N, Wu Y, Zhao L, Ma G, Pei F, et al. Characterization and functional evaluation of oat protein isolate-*Pleurotus ostreatus* β -glucan conjugates formed via Maillard reaction. *Food Hydrocolloids*. 2019;87:459–469. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.08.034>.

Сведения об авторах

Каширских Егор Владимирович

аспирант, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (3842) 39-68-73, e-mail: k8enya@gmail.com

Бабич Ольга Олеговна

д-р техн. наук, профессор, ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта», 236016, Россия, г. Калининград, ул. Александра Невского, 14, тел.: +7 (3842) 39-68-73, e-mail: olich.43@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-4921-8997>

Кригер Ольга Владимировна

ведущий научный сотрудник научно-исследовательского института биотехнологии, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (3842) 39-68-73, e-mail: olgakrigr58@mail.ru

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

Information about the authors

Egor V. Kashirskih

Postgraduate Student, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-73, e-mail: k8enya@gmail.com

Olga O. Babich

Dr.Sci.(Eng.), Professor, Immanuel Kant Baltic Federal University, 14, A. Nevskogo Str., Kaliningrad, 236016, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-73, e-mail: olich.43@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-4921-8997>

Olga V. Kriger

Leading Researcher Research Institute of Biotechnology, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-73, e-mail: olgakrigr58@mail.ru

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

Современные тенденции в переработке молочной сыворотки¹

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

Дата поступления в редакцию: 23.03.2019

Дата принятия в печать: 21.06.2019

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

*e-mail: mazeevaia@yandex.ru



© И. А. Короткий, И. Б. Плотников, И. А. Мазеева, 2019

Аннотация. Одним из наиболее эффективных путей оптимизации переработки сырья в производстве молочных продуктов является комплексное использование вторичного молочного сырья. Целью работы является оценка органолептических характеристик исходной творожной сыворотки и КСБ (концентрат сывороточных белков), полученного при криоконцентрировании сыворотки, установление их химического состава, определение физико-химических и микробиологических показателей; установление влияния кислотности молочной сыворотки на выход КСБ; разработка технологической схемы производства КСБ методом разделительного вымораживания. Установлено, что все образцы творожной сыворотки в целом соответствуют требованиям действующей нормативно-технической документации и могут быть использованы в качестве исходного сырья при производстве КСБ. Полученный в лабораторных условиях, образец КСБ по содержанию сухих веществ (20,19 %) и белка (12,80 %) соответствует стандартному альбумину с содержанием сухих веществ 20,0 %. Титруемая кислотность КСБ не выходит за пределы допустимого уровня (95 °Т). Совокупный анализ экспериментальных результатов доказал, что, примененная для получения КСБ, технология криоконцентрирования творожной сыворотки способствует получению концентрата, соответствующего требованиям нормативно-технической документации. Установлено влияние кислотности молочной сыворотки на выход КСБ. Полученные данные свидетельствуют о повышении титруемой кислотности с 47 °Т до 50 °Т в процессе хранения творожной сыворотки в течение 7 суток. Увеличение кислотности способствует повышению выхода КСБ через 7 суток хранения сыворотки на 57,6 %. Разработана технологическая схема производства КСБ методом разделительного вымораживания. Рассмотренная технология криоконцентрирования творожной сыворотки позволяет предполагать конструирование промышленной установки поточного типа для получения КСБ.

Ключевые слова. Творожная сыворотка, разделительное вымораживание, криоконцентрирование, концентрат сывороточного белка

Для цитирования: Короткий, И. А. Современные тенденции в переработке молочной сыворотки / И. А. Короткий, И. Б. Плотников, И. А. Мазеева // Техника и технология пищевых производств. – 2019. – Т. 49, № 2. – С. 227–234. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-2-227-234>.

Original article

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

Current Trends in Whey Processing

I.A. Korotkiy^{ib}, I.B. Plotnikov^{ib}, I.A. Mazeeva*^{ib}

Received: March 23, 2019

Accepted: June 21, 2019

Kemerovo State University,
6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650056, Russia

*e-mail: mazeevaia@yandex.ru



© I.A. Korotkiy, I.B. Plotnikov, I.A. Mazeeva, 2019

Abstract. The integrated use of secondary raw milk is one of the most effective ways to optimize the processing of raw materials in the production of dairy products. The unique composition and properties of curd whey makes it a valuable industrial raw material that can be processed into a variety of foods and feed products. Nowadays, whey protein concentrates (WPC) are extremely popular with consumers. One of the promising areas of industrial processing of acid whey is the extraction of proteins by means of separate freezing (cryoconcentration). This process takes place at low temperatures (from 0 to minus 15°C), which makes it possible to preserve the composition and properties of the raw material, prevents denaturation of whey protein fractions, and preserves its valuable thermolabile components. The authors conducted laboratory tests of curd whey and WPC produced by several dairy companies. The research allowed the authors to determine the composition, sensory, physico-chemical, and microbiological properties of the samples. The research objective was to evaluate the sensory properties of the initial cheese whey and WPC obtained by cryoconcentration, to establish their chemical composition, as well as physico-chemical and microbiological parameters. The research also featured the effect of the whey acidity on the WPC output and the development of technological

¹Материал опубликован в рамках II Международного симпозиума «Инновации в пищевой биотехнологии». 13–14 мая 2019 г., Кемерово, Кемеровский государственный университет.

schemes of WPC production by separate freezing. All the samples of curd whey proved to meet the current standards and can be used for WPC production. The sample of laboratory-obtained WPC sample had 20.19% of dry substances and 12.80% of protein, which corresponds to the standard albumin with its 20.0% of dry substances. The titratable acidity of WPC did not exceed the permissible level of 95°T. The experimental results proved that the cryoconcentration technology produced concentrate that met the requirements of regulatory and technical documentation. The obtained data revealed an increase in titratable acidity from 47°T to 50°T during the storage of curd whey for 7 days. The increase in acidity increased the yield of WPC after 7 days of serum storage by 57.6%. The new WPC production scheme consisted of several stages: (1) the whey was obtained; (2) casein dust and dairy fat were excluded; (3) pasteurization; (4) two-stage cryoconcentration; (5) thermal coagulation of whey concentrate; (6) separation of WPC. The technology of cryoconcentration curd whey suggests designing industrial installations in-line type to obtain CSB.

Keywords. Curd whey, separating freezing, cryoconcentration, whey protein concentrate

For citation: Korotkiy IA, Plotnikov IB, Mazeeva IA. Current Trends in Whey Processing. Food Processing: Techniques and Technology. 2019;49(2):227–234. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-2-227-234>.

Введение

Одним из наиболее эффективных путей оптимизации переработки сырья в производстве молочных продуктов является комплексное промышленное использование вторичного молочного сырья. Уникальность состава и свойств молочной сыворотки не вызывает сомнений. Молочная сыворотка – это ценный источник важных пищевых ингредиентов, в частности сывороточных белков. Биологическая ценность последних превышает ценность всех известных в природе пищевых белков. Сывороточные белки, главные из которых β -лактоглобулин и α -лактальбумин, являются источником незаменимых аминокислот, имеют высокую скорость расщепления под действием протеолитических ферментов и высокую степень усвояемости. Комплекс витаминов и ферментов, так же как и биологически синтезированная вода, дополняют феномен биотехнологической системы молочной сыворотки [1, 2].

Известны три основных направления промышленной переработки молочной сыворотки: полное использование всех компонентов сыворотки (напитки свежие и сквашенные, сгущенные и сухие продукты и др.), раздельное использование компонентов сырья (извлечение жира, белков, лактозы и др.), получение производных компонентов молочной сыворотки (гидролизаты сывороточных белков, глюкозо-галактозные сиропы, лактулоза и др.).

Для переработки сыворотки применяют сгущение, сушку, электромембранные (электродиализ, электроактивация) и баромембранные процессы (ультрафильтрация, нанофильтрация, обратный осмос) [3–5].

Среди сывороточных ингредиентов наибольший интерес у мировых потребителей вызывают концентраты сывороточных белков (КСБ). Аналогичная ситуация наблюдается и на современном российском рынке с той лишь существенной разницей, что сывороточные ингредиенты практически не производятся в России, а импортируются из-за рубежа, несмотря на огромный собственный сырьевой потенциал [6–8].

Наряду с концентратами получили популярность продукты, выработка которых предполагает непосредственное применение белковых концентратов в качестве базового ингредиента для существующих и разрабатываемых технологий инновационных молочных продуктов или их долевого участие. Связано это с высокими анаболическими свойствами и биодоступностью КСБ, с возросшей информированностью

российского населения о пользе функциональных молочных продуктов и ингредиентов, увеличением покупательской способности на данном рынке, трендом на здоровое питание, а также повсеместной рекламой здорового образа жизни [9, 10].

Традиционные способы выделения белков из молочной сыворотки малоэффективны и связаны с затратами значительных количеств тепловой энергии, реагентов-осадителей (кислоты, щелочи, соли). Это отрицательно сказывается на качестве и безопасности конечного продукта. Степень выделения белков при этом невысока и колеблется от 50 % при тепловой денатурации и до 70 % при использовании осадителей [1].

Одним из перспективных направлений промышленной переработки сыворотки является раздельное использование компонентов сырья, в частности извлечение белков при помощи разделительного вымораживания (криоконцентрирования) с целью получения казеиноальбуминной массы, концентратов белков с полисахаридами (пектин, хитозан), КСБ. Этот процесс протекает при низких температурах (от 0 до минус 15 °С), что позволяет максимально сохранить свойства исходного продукта (исключить денатурацию белковых фракций молочной сыворотки и сохранить ценные термолабильные компоненты) [11, 12].

Несмотря на то, что способ криоконцентрации известен достаточно давно (более 100 лет), конкурировать с выпариванием из-за сравнительно больших (до 20 %) потерь сухих веществ со льдом и высокой стоимости оборудования он долгое время не мог.

Исследования, проведенные в России и за рубежом, позволили не только усовершенствовать технологию разделительного вымораживания и снизить потери сухих веществ со льдом до 1 % и ниже, но и создать ряд высокоэффективных аппаратов для криоконцентрирования.

Криоконцентрация включает в себя две основные технологические операции: образование смеси кристаллов льда с концентратом и разделение полученной суспензии. Для первой операции используют кристаллизаторы различных типов, для второй – сепарационные установки (центрифуги, фильтрпрессы, разделительные колонки и др.). Следовательно, эти операции могут выполняться в одном устройстве или многоступенчато [13, 14].

Целью работы является оценка органолептических характеристик исходной творожной сыворотки и КСБ, полученного при криоконцентрировании сыворотки, установление их химического состава, определение физико-химических и микробиологических показателей; установление влияния кислотности молочной сыворотки на выход КСБ; разработка технологической схемы производства КСБ методом разделительного вымораживания.

Объекты и методы исследования

Объектами исследований являются сыворотка молочная творожная, КСБ, криоконцентратор емкостного типа. При проведении исследований применялись стандартные общепринятые методики определения органолептических, физико-химических и микробиологических показателей в исходном сырье (творожной сыворотке) и продукте (КСБ).

Результаты и их обсуждение

Для проведения исследований был использован криоконцентратор емкостного типа, разработанный на кафедре теплохладотехники Кемеровского государственного университета, при использовании которого были проведены лабораторные испытания исходного сырья (творожной сыворотки) и продукта (КСБ).

Криоконцентратор представляет собой емкость с рубашкой, внутри которой циркулирует промежуточный хладоноситель – пропиленгликоль. Отвод тепловой энергии от промежуточного теплоносителя осуществляется испарителем холодильной машины, выполненным в виде змеевика и расположенным внутри рубашки. Отвод и подвод хладагента в испаритель производится через соответствующие патрубки. Аппарат снабжен откидной крышкой. Загрузка исходного сырья осуществляется через крышку. Выгрузка концентрата происходит через патрубок, расположенный в нижней части аппарата. Кристаллизат

извлекается в виде ледяного цилиндра через крышку, предварительно отепляемый вдоль стенки аппарата за счет расположенного в рубашке ТЭНа, включаемого после завершения технологического процесса на стадии разгрузки аппарата [15, 16].

В ходе исследований использовалась творожная сыворотка нескольких производителей г. Кемерово: ООО «МПО «Скоморошка»», СХПК «Подворье», ООО «Натуральное молоко». На вышеуказанных предприятиях сыворотку получают в производстве творога кислотным способом, температура пастеризации нормализованной смеси составляет 78–80 °С, способ сквашивания – ускоренный. Это позволяет интенсифицировать процесс коагуляции и синерезиса сыворотки из сгустка. Отделение сыворотки производят самопрессованием в ванне.

Перед началом эксперимента творожную сыворотку объемом 3 л предварительно фильтровали через лавсановую ткань, охлаждали до температуры 4 °С, заливали в рабочую емкость криоконцентратора, охлажденную до заданной температуры. В процессе криоконцентрирования температура в рубашке аппарата изменялась в пределах -4 ± 2 °С. Волнообразный характер изменения температуры способствовал началу процесса кристаллизации влаги на стенках емкости. Продолжительность технологического процесса в среднем составляет 4,5 ч. В процессе работы криоконцентратора на стенках происходит образование льда, оставляя в середине емкости незамерзшую часть сыворотки, в которой концентрируются сывороточные белки. Концентрат удаляли через отверстие, расположенное в нижней части емкости. Образовавшийся лед (кристаллизат) удаляли из емкости криоконцентратора и дефростировали [17].

В ходе экспериментов оценены органолептические характеристики исходной творожной сыворотки, установлен химический состав, определены физико-химические показатели (табл. 1).

Таблица 1. Состав, органолептические и физико-химические показатели творожной сыворотки

Table 1. Composition, sensory, and physico-chemical indicators of curd whey

Органолептические показатели	Наименование показателя	Характеристика показателя		
		ООО «МПО «Скоморошка»»	СХПК «Подворье»	ООО «Натуральное молоко»
	Консистенция и внешний вид	однородная жидкость с наличием незначительного количества белкового осадка		
	Цвет	бледно-зеленый		
	Вкус и запах	свойственный молочной сыворотке, кисловатый		
Химический состав	Наименование компонента	Содержание компонента, %		
	Вода	94,11	94,88	96,02
	Сухие вещества, в том числе:	5,88	5,12	3,98
	Белки	0,5	0,6	0,4
	Жиры	0,1	0,1	0,1
	Углеводы	4,7	3,7	2,6
	Минеральные вещества	0,5	0,7	0,9
Физико-химические показатели	Наименование показателя	Значение показателя		
	Кислотность: активная, ед. рН титруемая, °Т	4,61	4,39	4,53
		73	87	63
	Плотность, кг/м ³	1026	1027	1026
	Относительная вязкость, Па·с	$1,1711 \times 10^{-3}$	$1,2531 \times 10^{-3}$	$1,2352 \times 10^{-3}$
Кинетическая вязкость, мм ² /с	1,2179	1,2355	1,2190	



Рисунок 1. КСБ, полученный в результате эксперимента

Figure 1. Experimentally obtained WPC

Установлено, что все образцы творожной сыворотки в целом соответствовали требованиям ГОСТ 34352-2017. «Сыворотка молочная – сырье. Технические условия» и ГОСТ 33957-2016. «Сыворотка молочная и напитки на ее основе. Правила приемки, отбор проб и методы контроля» и могут быть использованы в качестве исходного сырья при производстве КСБ [18, 19].

При криоконцентрировании творожной сыворотки получен КСБ. Внешний вид КСБ представлен на рисунке 1.

С целью установления качества полученного при криоконцентрировании КСБ были проведены исследования его химического состава, органолептических, физико-химических и микробиологических характеристик. Состав, органолептические и физико-химические показатели КСБ представлены в таблице 2.

Полученный в лабораторных условиях, образец КСБ по содержанию сухих веществ (20,19 %) и белка (12,80 %) соответствует стандартному альбумину с содержанием сухих веществ 20,0 %. Титруемая кислотность КСБ не выходит за пределы допустимого уровня (95 °Т).

Микробиологические показатели КСБ приведены в таблице 3.

Совокупный анализ экспериментальных результатов позволяет заключить, что, примененная для получения КСБ, технология криоконцентрирования творожной сыворотки способствует получению концентрата, соответствующего требованиям нормативно-технической документации (ГОСТ 33956-2016. «Альбумин молочный и пасты альбуминовые. Технические условия», ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции») [20, 21].

В ходе экспериментов устанавливали влияние кислотности творожной сыворотки на выход КСБ. Творожную сыворотку хранили в течение 7 суток при температуре 4 ± 2 °С. Титруемую кислотность и выход КСБ, полученного криоконцентрированием творожной сыворотки, контролировали ежедневно.

Таблица 2. Состав, органолептические и физико-химические показатели КСБ

Table 2. Composition, sensory, and physico-chemical properties of the WPC

Органолептические показатели	Наименование показателя	Характеристика показателя
	Консистенция и внешний вид	мягкая, рассыпчатая, с наличием ощутимых частиц молочного белка
Цвет	белый с кремовым оттенком, равномерный по всей массе	
Вкус и запах	чистые, кисломолочные, без посторонних вкусов и запахов	
Химический состав	Наименование компонента	Содержание компонента, %
	Массовая доля общего белка	12,80
	Содержание сывороточных белков	2,87
	Содержание казеиновых белков	7,98
	Содержание общего азота	2,04
	Содержание небелкового азота	0,313
	Массовая доля сухих веществ	20,19
Физико-химические показатели	Наименование показателя	Значение показателя
	Кислотность: активная, ед. рН	4,35
	титруемая, °Т	95

Таблица 3. Микробиологические показатели КСБ

Table 3. Microbiological indicators of the WPC

Наименование показателя		Допустимый уровень	Фактическое содержание
КМАФАнМ, КОЕ/см ³ (г), не более		2×10^5	$1,6 \times 10^4$
Дрожжи/плесени, КОЕ/см ³ (г), не более		100/50	20/10
Стафилококки, <i>S. aureus</i>	Объем (масса) продукта, см ³ (г), в которой не допускаются	0,1	не обнаружены
Бактерии группы кишечной палочки (колиформы)		0,1	не обнаружены
Патогенные микроорганизмы, в том числе сальмонеллы		25	не обнаружены



Рисунок 2. График зависимости выхода КСБ от кислотности творожной сыворотки

Figure 2. Effect of the acidity of the curd whey on the output of the WPC: dependence graph

Зависимость изменения титруемой кислотности сыворотки от продолжительности ее хранения в ходе эксперимента для одной партии сыворотки и влияние на выход КСБ показана на рисунке 2.

Полученные данные свидетельствуют о повышении титруемой кислотности в процессе хранения творожной сыворотки. В течение 7 суток хранения кислотность сыворотки возросла с 47 °Т до 50 °Т. Увеличение кислотности способствовало повышению выхода КСБ через 7 суток хранения сыворотки на 57,6 %.

В результате исследований разработана технологическая схема производства КСБ из творожной сыворотки методом криоконцентрирования (рис. 3).

Производство КСБ состоит из следующих стадий: 1) сбор сыворотки, очистка от казеиновой пыли и молочного жира;

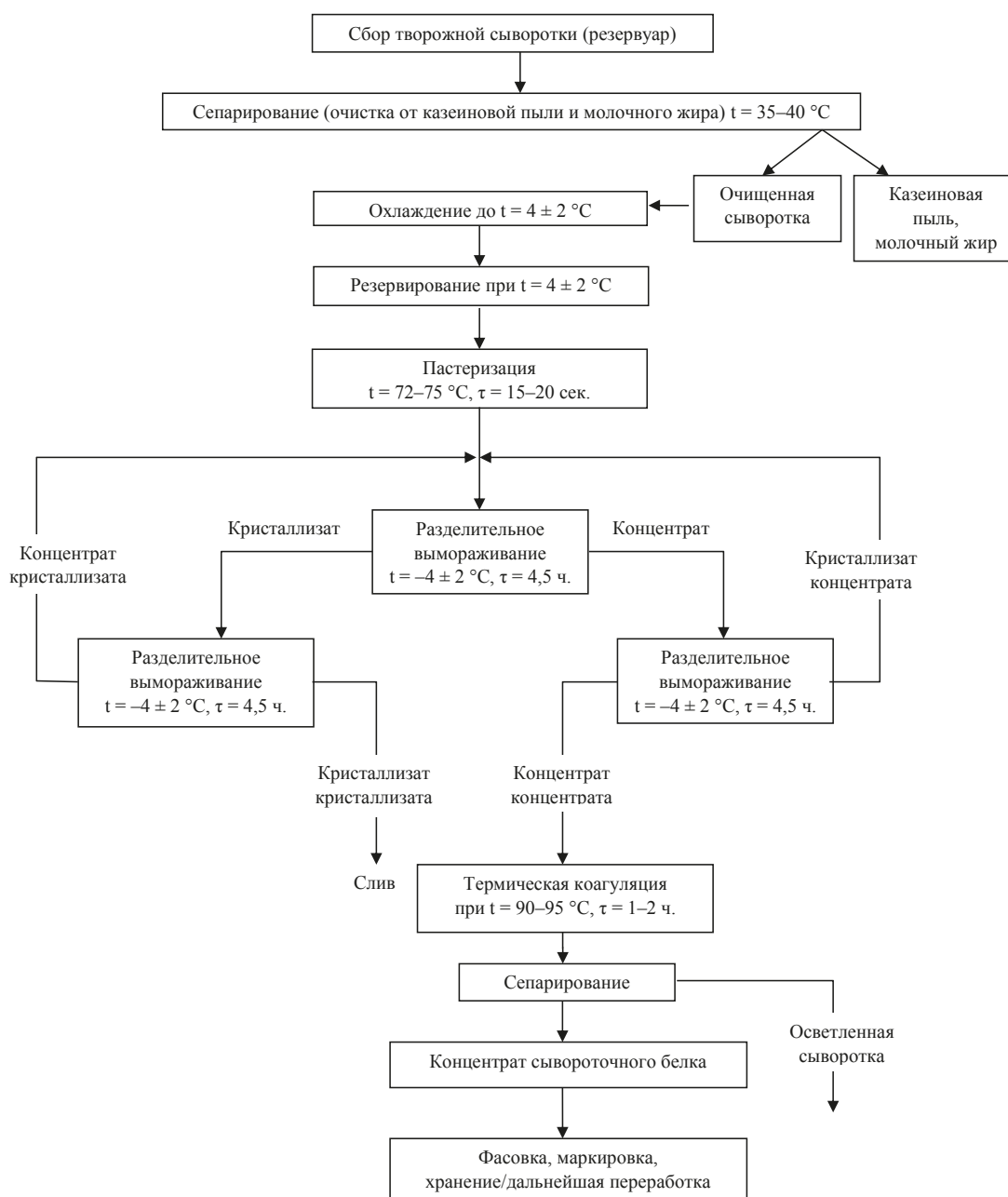


Рисунок 3. Технологическая схема производства КСБ из творожной сыворотки методом криоконцентрирования

Figure 3. Technological scheme of WPC production from curd whey by cryoconcentration

- 2) пастеризация сыворотки;
- 3) двухступенчатое криоконцентрирование;
- 4) термокоагуляция концентрата сыворотки;
- 5) отделение КСБ путем сепарирования.

Сыворотка собирается в резервуаре. После чего ее с помощью насоса подают в пластинчатую установку, где она подогревается горячей водой до температуры 35–40 °С и направляется в сепаратор. В сепараторе происходит отделение казеиновой пыли и молочного жира для исключения попадания этих компонентов в готовый продукт – КСБ. Сыворотку охлаждают холодной водой в пластинчатой установке до температуры 4 ± 2 °С. Охлажденную сыворотку хранят в резервуаре.

Затем творожную сыворотку из резервуара (с помощью насоса через уравнильный бак) подают в пластинчатую пастеризационно-охладительную установку, где пастеризуют при температуре 72–75 °С с выдержкой 15–20 сек и охлаждают до температуры 4 °С.

Подготовленную сыворотку направляют в блок аппаратов криоконцентрирования, где производят двойное концентрирование вымораживанием. В результате получают две фракции: концентрат концентрата и кристаллизат кристаллизата. Кристаллизат кристаллизата имеет малое количество сухих веществ, и в том числе растворенных сывороточных белков, поэтому легко утилизируется. Концентрат концентрата направляют через промежуточную накопительную емкость на термическую коагуляцию в ванну длительной пастеризации. Полученный продукт перекачивают винтовым насосом в сепаратор, где отделяют КСБ от жидкой фазы. Затем КСБ

направляется на фасовку, маркировку, хранение или дальнейшую переработку.

Технология разделительного вымораживания по выработке КСБ из молочной (кислой) сыворотки, реализованная на лабораторном криоконцентраторе, а также результаты, полученные в ходе этой работы, позволяют дать основание для дальнейшей работы по выявлению основных факторов и степени их воздействия на процесс криоконцентрирования с целью последующего проектирования установки поточного типа.

Выводы

В настоящее время отечественная промышленность полностью не обеспечивает потребности собственного рынка в сывороточных ингредиентах и импортирует производные сыворотки, включая КСБ из-за рубежа. Однако тенденции к модернизации производства и значительные объемы сырьевых ресурсов в России приводят к выводу о росте объемов производства КСБ, что предопределяет перспективность переработки сыворотки с получением ее концентратов высокого качества, которые могли бы конкурировать с импортными аналогами. Учитывая большие сырьевые ресурсы молочной сыворотки, перспективы, быструю окупаемость и энергоэффективность криоконцентрирования, низкий уровень конкуренции на отечественном рынке, данная технология и, полученная в результате, продукция могут приносить высокую прибыль производителю.

Конфликт интересов

Авторы статьи заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. 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.
2. Храмов, А. Г. Феномен молочной сыворотки / А. Г. Храмов. – СПб. : Профессия, 2011. – 804 с.
3. Гушин, А. А. Экологическая безопасность молочного производства и технологии переработки молочной сыворотки / А. А. Гушин // XV Международная научно-практическая конференция «Технические науки – от теории к практике». – Новосибирск, 2016. – С. 16–20.
4. Донская, Г. А. Эффективные технологии использования молочной сыворотки / Г. А. Донская, Г. В. Фриденберг // Молочная промышленность. – 2009. – № 12. – С. 38–40.
5. Евдокимов, И. А. Современное состояние переработки молочной сыворотки / И. А. Евдокимов, А. Г. Храмов, П. Г. Нестеренко // Молочная промышленность. – 2008. – № 11. – С. 36–39.
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. У российской сыворотки большое будущее: Новости молочного рынка каждый день // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.dairynews.ru/news/u_rossijskoj_syvorotki_bolshoje_budushheje.html. – Дата обращения: 20.02.2019.
8. 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.
9. 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.
10. 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>.
11. Гушин, А. А. Концентрирование творожной сыворотки разделительным вымораживанием / А. А. Гушин // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2017. – Т. 133, № 10. – С. 168–174.

12. Короткий, И. А. Исследование возможности получения концентрата сывороточного белка методом разделительного вымораживания / И. А. Короткий, А. А. Гушин, Д. Е. Федоров // *Вестник современных исследований*. – 2019. – Т. 28, № 1–8. – С. 102–106.
13. Панченко, С. Л. Исследование процесса концентрирования творожной сыворотки методом вымораживания: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.12 / Панченко Сергей Леонидович. – Воронеж, 2010. – 187 с.
14. Короткий, И. А. Исследование процессов криоконцентрирования молочной сыворотки / И. А. Короткий, П. А. Гунько, Д. Е. Федоров // *Вестник Красноярского государственного аграрного университета*. – 2014. – Т. 88, № 1. – С. 148–153.
15. Короткий, И. А. Эффективность производства искусственного холода в разделительных вымораживающих установках / И. А. Короткий, Е. В. Короткая, М. Г. Курбанова // *Техника и технология пищевых производств*. – 2016. – Т. 43, № 4. – С. 116–122.
16. Короткий, И. А. Исследование работы емкостного кристаллизатора для разделительного вымораживания жидких пищевых продуктов / И. А. Короткий, Д. Е. Федоров, Н. А. Гризно // *Техника и технология пищевых производств*. – 2012. – Т. 27, № 4. – С. 106–110.
17. Гушин, А. А. Анализ процессов криоконцентрирования молочной сыворотки в нескольких последовательных ступенях / А. А. Гушин // *Техника и технология пищевых производств*. – 2017. – Т. 45, № 2. – С. 87–92.
18. ГОСТ 34352-2017. Сыворотка молочная – сырье. Технические условия. М. : Стандартинформ, 2018. – 11 с.
19. ГОСТ 33957-2016. Сыворотка молочная и напитки на ее основе. Правила приемки, отбор проб и методы контроля. М. : Стандартинформ, 2016. – 19 с.
20. ГОСТ 33956-2016. Альбумин молочный и пасты альбуминные. Технические условия. М. : Стандартинформ, 2016. – 15 с.
21. Технический регламент таможенного союза «О безопасности молока и молочной продукции» (ТР ТС 033/2013).

References


1. Zolotareva MS, Volodin DN, Knyazev SN, Tereshina EN, Chablin BV. Pererabotka molochnoy syvorotki s polucheniem tsennykh pishchevykh ingredientov [Whey processing for valuable food ingredients]. *Milk Processing*. 2015;187(5):28–29. (In Russ.).
2. Khrantsov AG. Fenomen molochnoy syvorotki [Whey phenomenon]. St. Petersburg: Professiya; 2011. 804 p. (In Russ.).
3. Gushchin AA. Ekhologicheskaya bezopasnost' molochnogo proizvodstva i tekhnologii pererabotki molochnoy syvorotki [Ecological security of dairy production and whey processing technology]. XV Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya 'Tekhnicheskie nauki – ot teorii k praktike' [XV International Scientific and Practical Conference: Technical Sciences – from Theory to Practice]. Novosibirsk, 2016. pp. 16–20. (In Russ.).
4. Donskaya GA, Fridenberg GV. Efficient technologies of milk whey application. *Dairy industry*. 2009;(12):38–40. (In Russ.).
5. Evdokimov IA, Hramtsov AG, Nesterenko PG. Present state of milk whey processing. *Dairy industry*. 2008;(11):36–39. (In Russ.).
6. Volodin DN, Zolotareva MS, Kostyuk AV, Topalov VK, Evdokimov LA, Chablin BV, et al. Application of whey ingredients in foods production. *Dairy industry*. 2017;(2):65–67. (In Russ.).
7. U rossiyskoy syvorotki bol'shoe budushchee: Novosti molochnogo rynka kazhdy den' [The great future of Russian whey: daily dairy market news] [Internet]. [cited 2019 Feb 20]. Available from: http://www.dairynews.ru/news/u_rossijskoj_syvorotki_bolshoje_budushheje.html.
8. Schetinin MP, Dorokhova AS. Production and processing of whey in Russia and the Altai region. *Polzunovskiy vestnik*. 2013;(4–4):80–84. (In Russ.).
9. Volodin DN, Zolotareva MS, Topalov VK, Evdokimov IA, Hramtsov AG, Mertin P. Milk whey processing: conceptual strategy, real technologies, adequate investments, demanded products. *Dairy industry*. 2015;(5):36–41. (In Russ.).
10. Maseeva IA, Korotkiy IA, Plotnikov IB. Modern Packaging Solutions for Whey Protein Concentrate. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2018;48(4):48–58. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-4-48-58>.
11. Gushchin AA. Concentration of curd whey by separating freezing. *The Bulletin of KrasGAU*. 2017;133(10):168–174. (In Russ.).
12. Korotkiy IA, Gushchin AA, Fedorov DE. Issledovanie vozmozhnosti polucheniya kotsentrata syvorotochnogo belka metodom razdelitel'nogo vymorazhivaniya [Obtaining whey protein concentrate by separate freezing]. *Vestnik sovremennykh issledovaniy [Bulletin of Contemporary Studies]*. 2019;28(1–8):102–106. (In Russ.).
13. Panchenko SL. Issledovanie protsessa kotsentrirovaniya tvorozhnoy syvorotki metodom vymorazhivaniya [Cheese whey concentration by freezing]. *Cand. eng. sci. diss. Voronezh: Voronezh State University of Engineering Technologies*; 2010. 187 p.
14. Korotkiy IA, Gunko PA, Fedorov DE. The research of the milk whey cryo-concentration processes. *The Bulletin of KrasGAU*. 2014;88(1):148–153. (In Russ.).
15. Korotkiy IA, Korotkaya EV, Kurbanova MG. Efficiency of artificial cold production in separation freeze-out plants. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2016;43(4):116–122. (In Russ.).
16. Korotkiy IA, Fedorov DE, Trizno NA. Research on the operation of the capacitive crystallizer for freezing out of liquid food products. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2012;27(4):106–110. (In Russ.).

17. Gushchin AA. Analysis of whey cryoconcentration at several successive stages. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2017;45(2):87–92. (In Russ.).
18. State Standard 34352-2017. Milk whey - raw material. Specifications. Moscow: Standartinform; 2018. 11 p.
19. State Standard 33957-2016. Dairy whey and drinks on its basis. Acceptance rules, sampling and methods of control. Moscow: Standartinform; 2016. 19 p.
20. State Standard 33956-2016. Albumin and pastes from albumin. Specifications. Moscow: Standartinform; 2016. 15 p.
21. Tekhnicheskiy reglament tamozhennogo soyuza 'O bezopasnosti moloka i molochnoy produktsii' (TR TS 033/2013) [Technical regulations of the Customs Union 'On the safety of milk and dairy products' (TR CU 033/2013)].

Сведения об авторах

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>

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>

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>

Information about the authors

Igor A. Korotkiy

Dr.Sci.(Eng.), Professor, Head of the Department of Heat Technology, Director of Institute of Electronic Educational Communications, 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>


Igor B. Plotnikov

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Department of 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>

Irina A. Maseeva

Cand.Sci.(Eng.), Associate 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/0000-0002-1836-0632>

Влияние технологических характеристик различных видов сырья на вкус и аромат кислых элей

О. И. Пономарева^{ORCID}, Е. В. Борисова*^{ORCID}, И. П. Прохорчик^{ORCID}

ФГБОУ ДПО «Санкт-Петербургский институт управления и пищевых технологий»,

Дата поступления в редакцию: 20.03.2019

191186, Санкт-Петербург, наб. канала Грибоедова, 7

Дата принятия в печать: 21.06.2019

*e-mail: bio@hlebspb.ru



© О. И. Пономарева, Е. В. Борисова, И. П. Прохорчик, 2019

Аннотация. Кислые эли, традиционно производимые в Бельгии, Великобритании, Германии, в настоящее время приобрели широкую популярность в Америке и многих странах Европы. В последние годы интерес к кислым элям растёт с каждым годом и в России. Цель данной работы заключалась в обобщении и представлении систематизированных данных литературы о различных видах сырья для приготовления кислых элей с учетом их технологических и биотехнологических характеристик. Объектами исследований являлись: солод; зернопродукты (пшеница, кукуруза, рис, ячмень, рожь, овес); хмель; молочнокислые бактерии рода *Lactobacillus*, пивные дрожжи *Saccharomyces cerevisiae* и дрожжи рода *Brettanomyces*. В статье представлены технологические характеристики качества сырья для производства кислых элей и их влияние на вкусоароматический профиль готового напитка. Степень охмеления сула для кислых элей не должна превышать 8–15 единиц IBU, т. к. хмелевые кислоты препятствуют жизнедеятельности молочнокислых бактерий. Для получения кислых элей целесообразно использовать типичные сорта хмеля с низким или средним содержанием α -кислот. В технологии кислых элей наиболее часто используют гомо- и гетероферментативные молочнокислые бактерии видов: *Lactobacillus delbrueckii*, *L. brevis*, *L. buchneri*, *L. fermentum*, *L. plantarum*. В сочетании с молочнокислыми бактериями в производстве кислых элей используют штаммы пивных верховых дрожжей вида *Saccharomyces cerevisiae*, а также дрожжи рода *Brettanomyces*. Приведены практические рекомендации по использованию конкретных видов сырья для получения кислых элей с заданным сенсорным профилем.

Ключевые слова. Кислые эли, солод, зернопродукты, хмель, дрожжи, молочнокислые бактерии, вкусоароматический профиль

Для цитирования: Пономарева, О. И. Влияние технологических характеристик различных видов сырья на вкус и аромат кислых элей / О. И. Пономарева, Е. В. Борисова, И. П. Прохорчик // Техника и технология пищевых производств. – 2019. – Т. 49, № 2. – С. 235–244. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-2-235-244>.

Review article

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

Effect of Technological Characteristics of Various Types of Raw Materials on the Taste and Aroma of Sour Ales

O.I. Ponomareva^{ORCID}, E.V. Borisova*^{ORCID}, I.P. Prokhorchik^{ORCID}

Saint Petersburg Institute of Management and Food Technologies,
7, Griboedov channel, St. Petersburg, 191186, Russia

Received: March 20, 2019

Accepted: June 21, 2019

*e-mail: bio@hlebspb.ru



© O.I. Ponomareva, E.V. Borisova, I.P. Prokhorchik, 2019

Abstract. Sour ales, traditionally produced in Belgium, Britain, and Germany, have gained wide popularity in America, Europe, and Russia. The paper provides generalized and systematized scientific data related to the technological and biotechnological characteristics of raw materials used in sour ales. The study featured malt, grain products (wheat, corn, rice, barley, rye, and oats), hop, *Lactobacillus* lactic-acid bacteria, *Saccharomyces cerevisiae* brewer's yeast, and *Brettanomyces* yeast. Sour ales are usually prepared from a combination of different malts, such as *Pilsner*, *Vienna*, and *Munich*. Pilsner is used for malt type, while *Munich* is mostly employed as a basis for dark varieties of sour ales. The review presents some of the flavor characteristics of malt types, as well as their recommended content. Unmalted grain products have a significant impact on the technological process and the organoleptic characteristics of acid ales. Unmalted wheat is used for Belgian sour ales, such as *Lambic*, *Fruit Lambic*, and *Gueuze*, in the amount of 30–40%, while 50 % are used in the German variety of *Berliner Weiss*. In general, the degree of wort pitching for sour ales should not exceed 8–15 IBU, since hop acids kill lactic-acid bacteria. Common hop varieties with a low or medium content of α -acids were found optimal for sour ale production. For example, for Flanders Red Ale, producers most often use one of the best traditional European varieties, namely Saazer (Zatetsky). The following types of homo- and heterofermentative lactic-acid

bacteria are recommended for ale production technology: *Lactobacillus delbrueckii*, *Lactobacillus brevis*, *Lactobacillus buchneri*, *Lactobacillus fermentum*, and *Lactobacillus plantarum*. The aromatic characteristics of the wort fermented with lactic acid bacteria are described in the following terms: *bread*, *yeast*, *honey*, *oil*, *cider*, etc. Lactic acid bacteria are used in sour ales production, as well as *Brettanomyces yeasts*. Currently, brewing widely employs two types of yeast: *Brettanomyces bruxellensis* and *Brettanomyces anomalus*. They give the drink a specific taste and aroma, due to hydroxycinnamic acids (HCAs) and esters (ethyl acetate, ethyl lactate, phenylacetate, etc.). The paper contains some practical recommendations on the use of specific types of raw materials to produce sour ales with a given sensory profile.

Keywords. Sour ales, malt, non-soluble materials, hops, yeast, lactic acid bacteria

For citation: Ponomareva OI, Borisova EV, Prokhorchik IP. Effect of Technological Characteristics of Various Types of Raw Materials on the Taste and Aroma of Sour Ales. Food Processing: Techniques and Technology. 2019;49(2):235–244. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-2-235-244>.

Введение

Кислые эли, традиционно производимые в Бельгии, Великобритании, Германии, в настоящее время приобрели широкую популярность в Америке и многих странах Европы [1–3]. В последние годы интерес к кислым элям начал проявляться и в России, причем с каждым годом количество потребителей неуклонно увеличивается.

О росте популярности кислых элей свидетельствует тот факт, что в последнем издании всемирно известного классификатора стилей и сортов пива «Руководство по пивным стилям BJCP», выпускаемом Американской ассоциацией пивных судей, кислые эли выделены в отдельную группу, в которую входят:

– Европейские эли (European sour ale) – Berliner Weisse (Германия), Flanders Red Ale, Oud Bruin (Бельгия) и др.;

– Американские (American wild ale) дикие эли – Brett Bee, Wild Specialty Beer и др [1].

Цель данной работы заключалась в обобщении и систематизировании литературных данных, касающихся технологических характеристик сырья, используемого для приготовления кислых элей: солода, зернопродуктов, хмеля, биотехнологических характеристик молочнокислых бактерий рода *Lactobacillus*, пивных дрожжей вида *Saccharomyces cerevisiae* и дрожжей рода *Brettanomyces*.

Объекты и методы исследования

Объектами исследований являлись технологи-

ческие характеристики сырьевых компонентов кислых элей – солода, зернопродуктов, хмеля, а также биохимические свойства молочнокислых бактерий рода *Lactobacillus*, в т. ч. *L. delbrueckii*, *L. brevis*, *L. buchneri*, *L. fermentum*, *L. Plantarum* и дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* и *Brettanomyces*.

В качестве методов исследования были использованы методы группировки, обобщения и анализа научных экспериментальных данных, на основании которых получена систематизированная информация о технологических характеристиках качества сырья для производства кислых элей и их влиянии на вкусоароматический профиль готового напитка.

Результаты и их обсуждение

Солод. Для приготовления кислых элей чаще всего используют сочетание различных солодов – Пильснер (Pilsner), Венский (Vienna), Мюнх (Munich). В качестве базового вида солода следует рассматривать светлый пивоваренный солод Пильснер (Pilsner), т. к. сусло, полученное из него, имеет чистый зерновой вкус, на фоне которого отчетливо проявляется сенсорный профиль кислых элей [1–4].

В процессе обжарки в солодах образуются нередуцируемые углеводы, которые при взаимодействии с кислотами формируют сложные соединения, придающие кислым элям характерные вкусы и ароматы. Фураны (кислородосодержащие гетероциклические соединения) придают напитку вкус «ириски» и «карамели»; пирролы и пиразины (азотосодержащие гетероциклические соединения), наиболее характер-

Таблица 1. Влияние различных типов солода на вкусоароматические характеристики кислых элей

Table 1. Effect of different types of malt on the flavor characteristics of sour ales

Тип солода/цветность, (ед ЕВС)	Содержание в засыпи, (%)	Вкусы и ароматы
Пильснер (Pilsner)/2,5–3,5	50–80	Чистый зерновой вкус, на фоне которого отчетливо проявляются вкусы и ароматы кислых элей, придаваемые дрожжами и молочнокислыми бактериями
Венский (Vienna)/5,5–10,0	10–20	Лёгкие ноты карамели, интенсивный аромат поджаренного солода
Мюнх (Munich)/15,0–25,0	5–10	Придаёт темным кислым элям богатый солодовый аромат и некоторую сладость, усиливая ощущение полноты вкуса и аромат хлебной корочки
Карамельный не более 20,0	20	Привкус изюма и карамели
Бисквитный (Biscuit)/45,0–55,0	5	Аромат поджаренного зерна, муки или вкус теста, напоминающий вкус английского печенья
Жжёный/800,0–1200,0	1–2	Придаёт пиву тёмный цвет, жжёный привкус
Чёрный/1500,0	1–2	Жжёный аромат

ны для черного и шоколадного солодов, – аромат «ореха» или «жженный» аромат; серосодержащие гетероциклические соединения – аромат «крекера» или «бисквита»; изовалериановый альдегид – «солодовый» и «бисквитный» вкус и аромат [2, 3, 5].

В таблице 1 приведены некоторые вкусоароматические характеристики кислых элей, обусловленные используемыми видами солода, а также рекомендуемое их содержание в засыпи [1, 2, 5, 6].

Солод Мюнх используют преимущественно для тёмных сортов кислых элей. Даже в количестве 5–10 % этот карамельный солод вносит достаточно весомый вклад в формирование сложного вкусоароматического профиля кислых элей сортов Flanders Red Ale [1, 2, 5, 4].

Для сортов в стиле Oud Bruin часто используют жженный и чёрный солода, но в количестве не более 1–2 % [1]. Следует учитывать, что интенсивные насыщенные вкусы и ароматы специальных солодов (бисквитный, меланоидиновый, жженный и др.) снижают восприятие комплекса вкусоароматических веществ, синтезируемых дрожжами и молочнокислыми бактериями [1, 2]. При использовании солодов, придающих напитку «хлебный» аромат, следует учесть, что дрожжи рода *Brettanomyces* также синтезируют вещества, обеспечивающие «хлебный» аромат [8].

Зернопродукты (несоложеное зерно). Для приготовления кислых элей часто используют несоложенные зернопродукты – пшеницу, кукурузу, рис, ячмень, рожь, овес, которые оказывают существенное влияние на технологический процесс и органолептические характеристики кислых элей (табл. 2) [1–4, 9–11]. Молочнокислые бактерии и дрожжи

Brettanomyces осуществляют гидролиз декстринов, содержащихся в этих злаках, до более простых моно- и дисахаридов с последующим использованием их в качестве питательных веществ [12–14].

Несоложёная пшеница традиционно входит в количестве 30–40 % в состав многих бельгийских сортов кислых элей: Lambic, Fruit Lambic, Gueuze, а в немецком сорте Berliner Weiss её доля достигает 50 %. Пшеница озимых сортов имеет пониженное содержание глюкозы, поэтому процесс её дробления происходит с меньшими энергозатратами, а качество помола при этом выше [1, 2, 7].

Кукуруза является довольно популярным зернопродуктом, используемым в производстве пива, пивных напитков, в том числе и кислых элей. Цельные зёрна кукурузы, содержащие высокое количество жира (в среднем до 5 %), применять не рекомендуется, т. к. это может привести к снижению пенообразующей способности [1, 2, 6, 7, 15].

При использовании риса следует учесть, что затор приобретает повышенную вязкость. Существенных различий между длинно- и короткозернистыми сортами риса, с точки зрения пивоварения, не выявлено. Крупные пивоваренные заводы используют «пивоваренный» рис, который состоит из сломанных ядер белого риса, оставшихся после измельчения. Индийский рис «Басмати» добавляет характерный приятный аромат напитку. Дикий (североамериканский) рис придаёт кислым элям ореховый и пряный ароматы.

Ячмень повышает пенообразующую способность кислых элей. В соложенном виде ячмень повышает цветность напитка, придаёт вкусу хлебные и зерновые ноты [7, 16].

Таблица 2. Влияние зернопродуктов на технологический процесс приготовления кислых элей и их органолептические характеристики

Table 2. Effect of grain products on the technological process of acid ale production and their sensory characteristics

Вид зернопродукта	Содержание в засыпи, %	Технологические особенности	Органолептические характеристики кислых элей
Пшеница (соложенная, несоложенная, хлопья)	30–50	Клейковина пшеницы затрудняет процесс фильтрации затора	Высокое содержание белка в зерне придаёт характерный вкус и полноту «тела», способствует пенообразованию и пеностойкости напитка
Кукуруза (крупа, мука, хлопья, крахмал)	5–20	Низкое содержание белка повышает коллоидную стойкость	Сглаживает выраженный солодовый характер кислых элей, придает им мягкость, обеспечивая напиток дополнительным «телом» и «тёплым» цветом
Рис (зёрна, хлопья, крахмал)	5–15	Низкое содержание жира, повышает вкусовую стабильность напитка, низкое содержание белка повышает его коллоидную стойкость. Повышается экстрактивность затора	Нейтральный, «сухой» аромат напитка
Ячмень (соложенный, несоложенный, хлопья)	5–10	Повышенное содержание β-глюкана требует особых режимов затирания, повышается мутность сусла	Напиток приобретает поджаренные, хлебные и зерновые привкусы и ароматы
Рожь (соложенная, несоложенная)	5–10	Повышенное содержание β-глюкана требует особых режимов затирания. Повышается вязкость затора до сиропобразной консистенции	Аромат поджаренного ржаного хлеба, фруктовый, пряный и даже маслянистый вкус напитка
Овес (несоложенный, хлопья)	5	Повышает вязкость сусла	«Шелковистая» структура напитка. Чрезмерное внесение придаёт терпкий и вязкий вкус

Таблица 3. Влияние сортов хмеля на ароматические характеристики кислых элей

Table 3. Effect of hop varieties on the aromatic characteristics of sour ales

Сорт хмеля, страна производитель	Содержание α -кислот, %	Ароматические характеристики
«Saazer», Чехия	3,5–3,9	Цветочный, пряный, травяной или земляной, табачный с древесными и пряными нотами
«Hallertauer», Германия	3,5–5,5	Земляной, травяной, фруктовый, изюм
«Spalt», Германия	2,5–5,5	Мягкий и травяной, с пряными, цветочными и фруктовыми тонами
«Tettnang», Германия	3,9–6,0	Нежно-пряный, цветочный
«Lublin», Польша	3,0–4,2	Тонкий лавандовый, магнолия, мягкий аромат характерный классическим благородным хмелям
«Strisselspalt», Франция	1,8–2,5	Очень приятный пряный, травяной, цветочный, лимонные и другие фруктовые тона
«Mt. Hood», США	3,7–6,6	Мягкий, травяной, пикантный, пряный
«Crystal», США	2,4–5,0	Мягкий цветочный, пряный
«Amarillo», США	8,1–10,5	Цветочный, тропический, цитрусовый (лимон, апельсин, грейпфрут). При длительном кипячении дает запах чеснока и лука
«Galaxy», Австралия	11,0–16,0	Отчетливый цитрусовый, маракуя, персик
«Nelson Sauvin», Новая Зеландия	12,0–13,0	Отчетливое «холодное настроение» и фруктовость белого вина «Sauvin Blanc», свежесвыдавленный крыжовник с привнесенными виноградными нотками
«Riwaka», Новая Зеландия	4,5–6,5	Цитрусовый, грейпфрут

Значительное влияние на сенсорный профиль оказывают сорта ячменя и территория его произрастания [16]. Напиток может приобретать следующие вкусы и ароматы: злаковый, цветочный, фруктовый, травянистый, медовый, солодовый, поджаренный, сладкий. Было установлено, что сорт ячменя «Golden Promise» придаёт напитку фруктовый, цветочный и травянистый ароматы; сорт «Full Pint» – солодовый, поджаренный и аромат ириски; сорт «CDC Copeland» обеспечивает наиболее нейтральный вкус напитка, без ярко выраженных ароматов.

Овёс придаёт напитку «шелковистую» структуру. В бельгийских кислых элях в стиле Witbier количество используемого овса составляет от 5 до 10 % [1, 2, 7].

Рожь существенно повышает вязкость затора, что ограничивает её использование в производстве не только кислых элей, но и других сортов пива [2, 6, 7].

Некоторые исследователи считают, что вклад соложенного сырья в формирование вкуса и аромата готового напитка значительно больше, чем несоложенных зернопродуктов [1, 2].

Хмель. Для европейских кислых элей, например, Flanders Red Ale, используют хмель из Великобритании и континентальной Европы (Чехия, Германия, Бельгия), чаще всего один из лучших традиционных европейских сортов – «Saazer» (Жатецкий). Для производства пива Lambic используют европейские сорта хмеля «Hallertauer», «Spalt», «Tettnang», отличающиеся менее интенсивным ароматом, чем американские сорта [1–4, 20, 22].

Известно, что хмелевые кислоты и масла ингибируют жизнедеятельность микроорганизмов, в том числе и молочнокислых бактерий. Бактериостатический эффект усиливается при повышении кислотности среды, что особенно важно учитывать при производстве кислых элей. В этой связи, для производства кислых элей рекомендуется использо-

вать сорта хмеля с низким или средним содержанием α -кислот и не рекомендуется использовать сушло, степень охмеления которого превышает 15 единиц IBU (табл. 3) [1, 2, 9–11, 17–21, 23].

Для снижения горечи и антибактериальных свойств сушла используют хмель, хранившийся в контакте с кислородом воздуха при температуре выше 10 °С. При хранении в таких условиях происходит окисление α -кислот хмеля [2, 23, 24].

В кислых элях стиля Berliner Weisse хмелевая горечь чрезвычайно низкая – 3–8 IBU, поэтому для его приготовления используют технологию «сухого» охмеления [1, 2]. Вкус напитка приобретает сочетание характерной «кислинки» с цветочными, травяными, основными и/или цитрусовыми ароматами хмеля [1–3, 24–26].

Изучено влияние хмеля на вкусоароматический профиль напитков при «сухом» охмелении. Отмечено влияние терпеноидных соединений (лимонен, α -терпинеол, линалоол, цис-линалоолоксид, транс-линалоолоксид, гераниол, геранилацетон и др.), полифункциональных тиолов и их предшественников (цистеина и глутатиона) [21, 27].

Дрожжи. Для приготовления кислых элей в сочетании с молочнокислыми бактериями используют пивные дрожжи верхового брожения вида *Saccharomyces cerevisiae* и/или дрожжи рода *Brettanomyces*.

На сегодняшний день пивоварам стали доступны сотни штаммов дрожжей, каждый из которых обладает уникальными технологическими характеристиками – бродительной активностью, флокуляционной способностью, спиртоустойчивостью, способностью ферментировать различные сахара. Каждый из штаммов обладает также индивидуальной способностью синтезировать те или иные вещества, формирующие уникальный вкусоароматический профиль пива, характерный именно для этого штамма.

Установлено, что вклад штамма дрожжей во вкус и аромат пива составляет примерно 80 % [28].

Дрожжи вида *Saccharomyces cerevisiae*. Известно, что наиболее популярными для приготовления кислых элей являются дрожжевые культуры бельгийского происхождения, отличающиеся способностью синтезировать повышенное количество эфирных и фенольных соединений, придающих напитку фруктовые, цветочные и цитрусовые ароматы [1, 2, 28].

Штаммы дрожжей английского происхождения придают кислым элям характерный фруктовый вкус, обусловленный синтезом вицинальных дикетонов – диацетила (2,3-бутандион) и 2,3-пентандиона, привносящим во вкус и аромат элей «масляный» или «сливочный» тона [2].

Дрожжи американской селекции, обеспечивающие нейтральный вкус напитка, используют при необходимости подчеркнуть вкусы и ароматы, обусловленные молочнокислыми бактериями, особенно гетероферментативными, которые, в отличие от гомоферментативных, синтезируют не только молочную кислоту, но и различные ароматические кислоты [2]. Аналогичные результаты можно получить, применяя шотландские и ирландские штаммы дрожжей [1, 2].

Для приготовления кислых элей используют дрожжи верхового брожения, которые отличаются повышенным синтезом сложных эфиров, высших спиртов, альдегидов и других ароматических соединений. Иногда ферментацию сула для кислых элей проводят с помощью дрожжей низового брожения при температурах 16–20 °С, хотя традиционно их используют для приготовления лагерного пива при температурах 9–13 °С. Использование низовых дрожжей при относительно повышенных температурах придает кислым элям характерные эфирные ароматы, обусловленные синтезом ацетальдегида и изоамилацетата, концентрация которых в таких условиях брожения превышает порог их ощущения [6, 28–30]. Следует учесть, что пивные дрожжи низового брожения в процессе метаболизма синтезируют большее количество сернистых соединений, чем штаммы дрожжей верхового брожения [2–4, 6, 28].

Дрожжи, предназначенные для получения пшеничного пива, синтезируют значительное количество изоамилацетата, который придает пиву вкус и аромат банана, что не характерно для кислых элей [2].

Штаммы винных дрожжей придают кислым элям уникальные фруктовые и ягодные вкусы и ароматы. Кроме того, винные дрожжи синтезируют глицерин, отвечающий за полноту тела напитка [2, 3, 31, 32]. При совместном использовании винных и пивных дрожжей важно учитывать способность некоторых штаммов винных дрожжей образовывать микоцины, ингибирующие жизнедеятельность пивных дрожжей [31, 32]. Поэтому винные дрожжи рекомендуется использовать на стадии дображивания [2].

Известно, что при pH среды ниже 3,4 метаболические процессы у некоторых штаммов дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* существенно замедляются [2–4, 28]. Значение pH кислых элей находится в пределах 3,6–3,4, а пиво в стиле Lambic имеет ещё

более низкие значения pH – 3,3 [2–4, 29, 30]. Таким образом, особое значение в технологии кислых элей имеет правильный выбор штамма, устойчивого к повышенной кислотности среды.

Дрожжи рода *Brettanomyces*. Дрожжи рода *Brettanomyces* играют важную роль в приготовлении кислых элей [2–4, 14]. В настоящее время в пивоварении широко используются два вида – *Brettanomyces bruxellensis* и *Brettanomyces anomalus* [29, 30, 33].

Дрожжи рода *Brettanomyces* имеют более низкую скорость размножения, чем дрожжи вида *Saccharomyces cerevisiae*. Однако обеспечивают более высокую конечную степень сбраживания и придают дополнительную кислотность напитку, поскольку в процессе ферментации способны расщеплять на более простые углеводы и другие органические соединения сула, которые дрожжи вида *Saccharomyces cerevisiae* расщеплять не способны. Дрожжи рода *Brettanomyces* отличаются устойчивостью к высоким концентрациям спирта и кислот [14, 34].

Длительность брожения и созревания некоторых сортов кислых элей с использованием дрожжей рода *Brettanomyces* может достигать нескольких лет, в течение которых формируется уникальный вкус и аромат напитка.

В аэробных условиях бреттаномицеты метаболизируют этанол в качестве субстрата с образованием уксусной кислоты [14, 34, 35]. В анаэробных условиях (на стадиях брожения и дображивания) бреттаномицеты, напротив, синтезируют большое количество этанола, при этом количество уксусной кислоты минимально.

Важно отметить, что дрожжи *Brettanomyces* в минимальных количествах синтезируют глицерин либо вообще его не синтезируют. Поскольку глицерин отвечает за восприятие полноты вкуса и «тела» напитка, кислые эли, полученные с использованием только культуры *Brettanomyces*, могут иметь недостаточно полное «тело», а также в напитке может отсутствовать баланс во вкусе [1–4, 14, 34, 35].

При описании вкусов и ароматов элей, приготовленных с участием дрожжей рода *Brettanomyces*, часто используют следующие термины: «гвоздика», «пряности», «лошадиная попона», «скотный двор», «тропические фрукты», «цветы». Основные летучие фенольные соединения, а также эфиры, определяющие особый вкус и аромат таких элей, подробно описаны в ряде литературных источников [2, 9–11, 28, 29].

Специфичный вкус и аромат напитку, приготовленному с использованием бреттаномицетов, придают также гидроксикоричные кислоты (HCAs) и сложные эфиры, метаболизм которых подробно изложен [36].

Основная роль в синтезе бреттаномицетами эфирных соединений, которые придают напитку характерные ароматы, принадлежит ферментам эстеразам. Этиловый эфир уксусной кислоты (этилацетат) придаёт кислым элям фруктовый аромат, запах зеленого яблока, который при увеличении концентрации переходит в запах растворителя. Этиловый эфир молочной кислоты (этиллактат) придаёт напитку фрук-

Таблица 4. Характеристики молочнокислых бактерий, используемых в технологии кислых элей

Table 4. Characteristics of lactic-acid bacteria used in the technology of acid ale production

Вид <i>Lactobacillus</i>	Тип брожения	Синтез CO ₂	Особенности метаболизма
<i>L. delbrueckii</i>	Гомо-ферментативный	–	Высокая кислотообразующая способность. Спиртоустойчивость – до 14 %
<i>L. brevis</i>	Гетеро-ферментативный	+	Устойчивость к α-кислотам хмеля. Спиртоустойчивость – до 15 %. Синтезируют гексановую кислоту
<i>L. buchneri</i>			Синтезируют пропионовую кислоту и пропиловый спирт. Спиртоустойчивость низкая
<i>L. fermentum</i>			Оптимальная температура размножения 37–40 °С. Синтезируют повышенное количество различных вкусоароматических соединений
<i>L. plantarum</i>	Гомо-/гетеро-ферментативный	+/- *	Кислотообразующая способностью высокая, синтезируют гексановую и янтарную кислоты

*В зависимости от состава питательной среды и технологических параметров;

*Depending on the composition of the nutrient medium and the technological parameters.

товый и маслянистый ароматы, а фениловый эфир уксусной кислоты (фенилацетат) – аромат роз. При этом уровень изоамилового эфира уксусной кислоты (изоамилацетата) значительно ниже, чем уровень, обеспечиваемый пивными дрожжами *Saccharomyces cerevisiae* [1–3, 14, 28, 29, 34, 35].

Dr. Linda Bisson, Lucy Joseph и UC Davis в 2015 году предложили круг вкусов и ароматов (*Brettanomyces Aroma/Wheel*), обусловленных синтезом продуктов метаболизма дрожжей рода *Brettanomyces*.

Молочнокислые бактерии в производстве кислых элей. В технологии кислых элей наиболее часто используют гомо- и гетероферментативные молочнокислые бактерии видов *Lactobacillus delbrueckii*, *L. brevis*, *L. buchneri*, *L. fermentum*, *L. plantarum*. Некоторые особенности метаболизма молочнокислых бактерий, используемых для приготовления кислых элей, представлены в таблице 4.

Ароматические характеристики сула, сброженного молочнокислыми бактериями, описывают следующими терминами: «хлебный», «дрожжевой», «йогуртовый», «медовый», «масляный», «сидровый» и др [2–4, 9–12].

В процессе сбраживания сула молочнокислыми бактериями *L. delbrueckii* при оптимальной температуре размножения за 48–96 часов происходит снижение pH сула с 5,2 до 4,2–3,8 [2, 8–11]. *L. delbrueckii* часто используют на стадии затирания.

Штаммы *L. brevis* способны к синтезу экзогенного фермента α-глюкозидазы, гидролизующего декстрины сула. Это позволяет рекомендовать эти виды бактерий к использованию на главном брожении и на дображивании [2, 9–11].

L. fermentum и *L. buchneri* следует рекомендовать для использования на стадии дображивания кислых элей типа Gueuze, Lambics, Sour brown ales and Berliner Weisse [1, 2, 9, 10]. *L. plantarum* – для стадии затирания и главного брожения.

Гомоферментативные молочнокислые бактерии, синтезирующие молочную кислоту в количестве 95–98 % от общего уровня кислот и незначительное количество ароматических соединений, целесообразно

использовать в тех случаях, когда в напитке следует отразить вкусовые и/или ароматические характеристики, обусловленные солодом или хмелем [37, 38]. А также в тех случаях, когда важно выделить вкусоароматические составляющие, синтезируемые дрожжами *Saccharomyces cerevisiae* или дрожжами рода *Brettanomyces*.

Гетероферментативные молочнокислые бактерии следует использовать при необходимости обеспечить такие ароматические свойства продукта, которые обуславливают именно молочнокислые бактерии. В этом случае для сбраживания сула используют либо только гетероферментативные молочнокислые бактерии, либо в сочетании с теми штаммами пивных дрожжей, которые не синтезируют значительного количества высших спиртов и сложных эфиров.

Из представленных данных следует, что обеспечение ожидаемого вкуса и аромата кислых элей, в первую очередь, зависит от обоснованного выбора сочетания видов и типов солодов, сортов зернопродуктов, хмеля и микроорганизмов брожения – молочнокислых бактерий и дрожжей.

Выводы

В результате проведенного обзора литературы показано влияние технологических характеристик различных типов солода, зернопродуктов, хмеля, а также биотехнологических свойств молочнокислых бактерий вида *Lactobacillus*, дрожжей вида *Saccharomyces cerevisiae* и дрожжей рода *Brettanomyces*, используемых для производства кислых элей, на технологический процесс и вкусоароматические характеристики готового напитка.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Благодарности

Авторы выражают благодарность проректору по учебной и научной работе ФГБОУ ДПО СПИУПТ доценту, к.б.н. Потехиной Татьяне Сергеевне, оказавшей существенную помощь при работе над статьей.

Список литературы

1. Strong, G. Beer judge certification program. 2015 style guidelines / G. Strong, K. England. – 2015. – 93 p.
2. Tonsmeire, M. American Sour Beers: Innovative techniques for mixed fermentations / M. Tonsmeire, V. Cilurzo. – Brewers Publications, 2014. – 424 p.
3. Van den Steen, J. Geuze & Kriek: The Secret of Lambic Beer / J. Van den Steen. – Lannoo, 2012. – 192 p.
4. Heath, H. B. Source Book of Flavors: (AVI Sourcebook and Handbook Series) / H. B. Heath. – Springer Science & Business Media, 1981. – 864 p.
5. Busch, J. The Magic of Munich Malt / J. Busch // Brewing Techniques. – 2015. – Vol. 4, № 5. – P. 23–26.
6. Меледина, Т. В. Качество пива: стабильность вкуса и аромата, коллоидная стойкость, дегустация / Т. В. Меледина, А. Т. Дедегкаев, Д. В. Афонин. – СПб. : Профессия, 2011. – 220 с.
7. Меледина, Т. В. Сырьё и вспомогательные материалы в пивоварении / Т. В. Меледина. – СПб. : Профессия, 2003. – 304 с.
8. Gilliland, R. B. *Brettanomyces*. I. Occurrence, Characteristics, and Effects on beer flavour / R. B. Gilliland // Journal of the Institute of Brewing. – 1961. – Vol. 67, № 3. – P. 257–261. DOI: <https://doi.org/10.1002/j.2050-0416.1961.tb01791.x>.
9. More beer – beer making kits and home brewing supplies [Electronic resource]. – Available at: <https://www.morebeer.com/articles>. – Date of the application: 20.02.2019.
10. Sour Beer Blog - sour beer and brewing education for both home and craft brewers [Electronic resource]. – Available at: <http://sourbeerblog.com/category/brewing-topics>. – Date of the application: 20.02.2019.
11. A Ph.D. in Beer – A Study of Beer and Fermentation Science [Electronic resource]. – Available at: <https://phdinbeer.com>. – Date of the application: 20.02.2019.
12. Загоруйко, В. А. Обнаружение и идентификация штаммов дрожжей *Brettanomyces* / В. А. Загоруйко, И. Ф. Ткачев, Т. К. Скорикова [и др.] // «Магарач» Виноградарство и виноделие. – 2007. – № 3. – С. 20–23.
13. The origin of ethyl phenol in wines / P. Chatonnet, D. Dubourdieu, J. N. Boidron [et al.] // Journal of the Science of Food and Agriculture. – 1992. – Vol. 60, № 2. – P. 165–178. DOI: <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740600205>.
14. *Brettanomyces* yeasts — From spoilage organisms to valuable contributors to industrial fermentations / J. Steensels, L. Daenen, P. Malcorps [et al.] // International Journal of Food Microbiology. – 2015. – Vol. 206. – P. 24–38. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2015.04.005>.
15. Нгуен, В. Х. Использование кукурузы в пивоварении / В. Х. Нгуен, П. Г. Разумовская // Вестник АГТУ. – 2010. – Т. 49, № 1. – С. 55–57.
16. Effects of Barley (*Hordeum vulgare* L.) Variety and Growing Environment on Beer Flavor / D. Herb, T. Filichkin, S. Fisk [et al.] // American Society of Brewing Chemists. – 2017. – Vol. 75, № 4. – P. 345–353. DOI: <https://doi.org/10.1094/ASBCJ-2017-4860-01>.
17. Brown, A. J. On the Antiseptic Properties of Hops / A. J. Brown, D. Clubb // Journal of the Institute of Brewing. – 1913. – Vol. 19, № 4. – P. 261–295.
18. A review of hop resistance in beer spoilage lactic acid bacteria / K. Suzuki, K. Iijima, K. Sakamoto [et al.] // Journal of the Institute of Brewing. – 2016. – Vol. 112, № 2. – P. 173–191. DOI: <https://doi.org/10.1002/j.2050-0416.2006.tb00247.x>.
19. Zhang, H. Lactic Acid Bacteria. Fundamentals and Practice / H. Zhang, Y. Cai. – Dordrecht : Springer. – 2014. – 535 p. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-94-017-8841-0>.
20. An exploratory study toward describing hop aroma in beer made with American and European Hop Cultivars / D. C. Sharp, Y. Qian, J. Clawson [et al.] // Brewing Science. – 2016. – Vol. 69, № 11–12. – P. 112–122.
21. Dry Hopping with the Dual-Purpose Varieties Amarillo, Citra, Hallertau Blanc, Mosaic, and Sorachi Ace: Minor Contribution of Hop Terpenol Glucosides to Beer Flavors / M.-L. K. Cibaka, C. S. Ferreira, L. Decourrière [et al.] // American Society of Brewing Chemists. – 2017. – Vol. 75, № 2. – P. 122–129. DOI: <https://doi.org/10.1094/ASBCJ-2017-2257-01>.
22. Varietal Difference of Hop-Derived Flavour Compounds in Late-Hopped/Dry-Hopped Beers / K. Takoi, K. Tokita, A. Sanekata [et al.] // Brewing Science. – 2016. – Vol. 69. – P. 1–7.
23. Mikyška, A. Assessment of changes in hop resins and polyphenols during long-term storage / A. Mikyška, K. Krofta // Journal of the Institute of Brewing. – 2012. – Vol. 118, № 3. – P. 269–279. DOI: <https://doi.org/10.1002/jib.40>.
24. Garetz, M. Hop Storage: How to Get – and Keep – Your Hops' Optimum Value / Mark Garetz // Brewing Techniques. – 2015. – Vol. 2, № 1. – P. 35–38.
25. Матвеева, Н. А. Выбор сорта хмеля для технологии сухого охмеления / Н. А. Матвеева, А. А. Титов // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. – 2014. – № 4. – С. 120–125.
26. Матвеева, Н. А. Применение технологии сухого охмеления в пивоварении / Н. А. Матвеева, А. А. Титов // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. – 2015. – № 1. – С. 111–118.
27. Determination of Linalool in Different Hop Varieties Using a New Method Based on Fluidized-Bed Extraction with Gas Chromatographic–Mass Spectrometric Detection / K. Štěrba, P. Čejka, J. Čulík [et al.] // Journal of the American Society of Brewing Chemists. – 2015. – Vol. 73, № 2. – P. 151–158. DOI: <https://doi.org/10.1094/ASBCJ-2015-0406-01>.
28. Annemüller, G. The Yeast in the Brewery. Management – Pure yeast cultures – Propagation / G. Annemüller, H.-J. Manger, P. Lietz // Berlin : VLB Berlin. – 2011. – 440 p.

29. Григорьев, С. М. Перед грозой так пахнет Gose / С. М. Григорьев // Real Brew. – 2016. – Т. 8, № 3. – С. 10–13.
30. Григорьев, С. М. Кислее тени кислого: фламандские красные эли, oud bruin и американские кислые эли / С. М. Григорьев // RealBrew. – 2015. – Т. 5, № 5. – С. 10–15.
31. Геномика и биохимия винных штаммов дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* / М. А. Эльдаров, С. А. Кишковская, Т. Н. Танащук [и др.] // Успехи биологической химии. – 2016. – Т. 56. – С. 155–196.
32. Бурьян, Н. И. Микробиология виноделия / Н. И. Бурьян. – Симферополь : Таврия, 2002. – 433 с.
33. Данина, М. М. Использование дрожжей р. *Brettanomyces* в технологии пива / М. М. Данина, О. Б. Иванченко // Вестник Международной академии холода. – 2015. – № 4. – С. 27–31.
34. Effect of temperature on *Brettanomyces bruxellensis*: metabolic and kinetic aspects / C. Brandam, C. Castro-Martinez, M. L. Delia [et al.] // Canadian Journal of Microbiology. – 2008. – Vol. 54, № 1. – P. 11–18. DOI: <https://doi.org/10.1139/W07-126>.
35. Modeling of yeast *Brettanomyces bruxellensis* growth at different acetic acid concentrations under aerobic and anaerobic conditions / G. A. Yahara, M. A. Javier, M. J. M. Tulio [et al.] // Bioprocess and Biosystems Engineering. – 2007. – Vol. 30, № 6. – P. 389–395. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00449-007-0135-y>.
36. Lentz, M. Analysis of Growth Inhibition and Metabolism of Hydroxycinnamic Acids by Brewing and Spoilage Strains of *Brettanomyces* Yeast / M. Lentz, C. Harris // Foods. – 2015. – Vol. 4, № 4. – P. 581–593. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods4040581>.
37. Квасников, У. И. Молочнокислые бактерии и пути их использования / У. И. Квасников, О. А. Нестеренко. – М. : Наука, 1975. – 389 с.
38. Яруллина, Д. Р. Бактерии рода *Lactobacillus*: общая характеристика и методы работы с ними / Д. Р. Яруллина, Р. Ф. Фахруллин. – Казань : Казанский университет, 2014. – 51 с.


References

1. Strong G, England K. Beer judge certification program. 2015 style guidelines. 2015. 93 p.
2. Tonsmeire M, Cilurzo V. American Sour Beers: Innovative techniques for mixed fermentations. Brewers Publications; 2014. 424 p.
3. Van den Steen J. Geuze & Kriek: The Secret of Lambic Beer. Lannoo; 2012. 192 p.
4. Heath HB. Source Book of Flavors: (AVI Sourcebook and Handbook Series). Springer Science & Business Media; 1981. 864 p.
5. Busch J. The Magic of Munich Malt. Brewing Techniques. 2015;4(5):23–26.
6. Meledina TV, Dedegkaev AT, Afonin DV. Kachestvo piva: stabil'nost' vkusa i aromata, kolloidnaya stoykost', degustatsiya [Beer quality: stability of taste and aroma, colloidal stability, and tasting]. St. Petersburg: Professiya; 2011. 220 p. (In Russ.).
7. Meledina TV. Syr'yo i vspomogatel'nye materialy v pivovarenii [Raw materials and auxiliary materials in brewing]. St. Petersburg: Professiya; 2003. 304 p. (In Russ.).
8. Gilliland RB. *Brettanomyces*. I. Occurrence, Characteristics, and Effects on beer flavour. Journal of the Institute of Brewing. 1961;67(3):257–261. DOI: <https://doi.org/10.1002/j.2050-0416.1961.tb01791.x>.
9. More beer - beer making kits and home brewing supplies [Internet]. [cited 2019 Feb 20]. Available from: <https://www.morebeer.com/articles>.
10. Sour Beer Blog - sour beer and brewing education for both home and craft brewers [Internet]. [cited 2019 Feb 20]. Available from: <http://sourbeerblog.com/category/brewing-topics>.
11. A Ph.D. in Beer – A Study of Beer and Fermentation Science [Internet]. [cited 2019 Feb 20]. Available from: <https://phdinbeer.com>.
12. Zagoruiko VA, Skorikova TK, Chernousova IV, Gerzhikova VG, Zhilyakova TA, Tkachenko MG, et al. Detection and identification of strains belonging to the *Brettanomyces* genus. Magarach. Viticulture and Winemaking. 2007;(3):20–23. (In Russ.).
13. Chatonnet P, Dubourdieu D, Boidron JN, Pons M. The origin of ethyl phenol in wines. Journal of the Science of Food and Agriculture. 1992;60(2):165–178. DOI: <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740600205>.
14. Steensels J, Daenen L, Malcorps P, Derdelinckx G, Verachtert H, Verstrepen KJ. *Brettanomyces* yeasts — From spoilage organisms to valuable contributors to industrial fermentations. International Journal of Food Microbiology. 2015;206:24–38. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2015.04.005>.
15. Nguen VH, Razumovskaya RG. Application of corn in brewing. Vestnik of Astrakhan State Technical University. 2010;49(1):55–58. (In Russ.).
16. Herb D, Filichkin T, Fisk S, Helgerson L, Hayes P, Meints B, et al. Effects of Barley (*Hordeum vulgare* L.) Variety and Growing Environment on Beer Flavor. American Society of Brewing Chemists. 2017;75(4):345–353. DOI: <https://doi.org/10.1094/ASBCJ-2017-4860-01>.
17. Brown AJ, Clubb D. On the Antiseptic Properties of Hops. Journal of the Institute of Brewing. 1913;19(4):261–295.
18. Suzuki K, Iijima K, Sakamoto K, Saihi M, Yamashita H. A review of hop resistance in beer spoilage lactic acid bacteria. Journal of the Institute of Brewing. 2016;112(2):173–191. DOI: <https://doi.org/10.1002/j.2050-0416.2006.tb00247.x>.
19. Zhang H, Cai Y. Lactic Acid Bacteria. Fundamentals and Practice. Dordrecht: Springer; 2014. 535 p. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-94-017-8841-0>.


20. Sharp DC, Qian Y, Clawson J, Shellhammer TH. An exploratory study toward describing hop aroma in beer made with American and European Hop Cultivars. *Brewing Science*. 2016;69(11–12):112–122.
21. Cibaka M-LK, Ferreira CS, Decourriere L, Lorenzo-Alonso C-J, Bodart E, Collin S. Dry Hopping with the Dual-Purpose Varieties Amarillo, Citra, Hallertau Blanc, Mosaic, and Sorachi Ace: Minor Contribution of Hop Terpenol Glucosides to Beer Flavors. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*. 2017;75(2):122–129. DOI: <https://doi.org/10.1094/ASBCJ-2017-2257-01>.
22. Takoi K, Tokita K, Sanekata A, Usami Y, Itoga Y, Koie K, et al. Varietal Difference of Hop-Derived Flavour Compounds in Late-Hopped/Dry-Hopped Beers. *Brewing Science*. 2016;69:1–7.
23. Mikyška A, Krofta K. Assessment of changes in hop resins and polyphenols during long-term storage. *Journal of the Institute of Brewing*. 2012;118(3):269–279. DOI: <https://doi.org/10.1002/jib.40>.
24. Garetz M. Hop Storage: How to Get – and Keep – Your Hops' Optimum Value. *Brewing Techniques*. 2015;2(1):35–38.
25. Matveeva NA, Titov AA. The choice of varieties of hops for the technology of dry hopping. *Scientific Journal NRU ITMO. Processes and Food Production Equipment*. 2014;(4):120–125. (In Russ.).
26. Matveeva NA, Titov AA. The use of dry hopping technique in brewing. *Scientific Journal NRU ITMO. Processes and Food Production Equipment*. 2015;(1):111–118. (In Russ.).
27. Štěrba K, Čejka P, Čulík J, Jurková M, Krofta K, Pavlovič M, et al. Determination of Linalool in Different Hop Varieties Using a New Method Based on Fluidized-Bed Extraction with Gas Chromatographic–Mass Spectrometric Detection. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*. 2015;73(2):151–158. DOI: <https://doi.org/10.1094/ASBCJ-2015-0406-01>.
28. Annemüller G, Manger H-J, Lietz P. *The Yeast in the Brewery. Management – Pure yeast cultures – Propagation*. Berlin: VLB Berlin; 2011. 440 p.
29. Grigor'ev CM. Pered grozoy tak pakhnet Gose [Gose smells so sweet before a thunderstorm]. *Real Brew*. 2016;8(3):10–13. (In Russ.).
30. Grigor'ev CM. Sourer than shade of sour: Flanders Red Ale, *oud bruin* and American wild ale. *Real Brew*. 2015;5(5):10–15. (In Russ.).
31. Ehl'darov MA, Kishkovskaya SA, Tanashchuk TN, Mardanov AV. Genomika i biokhimiya vinnykh shtammov drozhzhey *Saccharomyces cerevisiae* [Genomics and biochemistry of wine strains of *Saccharomyces cerevisiae* yeast]. *Biological chemistry reviews*. 2016;56:155–196. (In Russ.).
32. Bur'yan NI. *Mikrobiologiya vinodeliya* [Microbiology of winemaking]. Simferopol: Tavriya; 2002. 433 p. (In Russ.).
33. Danina MM, Ivanchenko OB. *Brettanomyces* yeast use in brewing. *Journal of International Academy of Refrigeration*. 2016;(4):27–31. (In Russ.).
34. Brandam C, Castro-Martinez C, Delia ML, Ramón-Portugal F, Strehaiano P. Effect of temperature on *Brettanomyces bruxellensis*: metabolic and kinetic aspects. *Canadian Journal of Microbiology*. 2008;54(1):11–18. DOI: <https://doi.org/10.1139/W07-126>.
35. Yahara GA, Javier MA, Tulio MJM, Javier GR, Guadalupe AUM. Modeling of yeast *Brettanomyces bruxellensis* growth at different acetic acid concentrations under aerobic and anaerobic conditions. *Bioprocess and Biosystems Engineering*. 2007;30(6):389–395. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00449-007-0135-y>.
36. Lentz M, Harris C. Analysis of Growth Inhibition and Metabolism of Hydroxycinnamic Acids by Brewing and Spoilage Strains of *Brettanomyces* Yeast. *Foods*. 2015;4(4):581–593. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods4040581>.
37. Kvasnikov UI, Nesterenko OA. *Molochnokislye bakterii i puti ikh ispol'zovaniya* [Lactic-acid bacteria and how to use them]. Moscow: Nauka; 1975. 389 p. (In Russ.).
38. Yarullina DR, Fakhruллин RF. *Bakterii roda Lactobacillus: obshchaya kharakteristika i metody raboty s nimi* [*Lactobacillus* bacteria: general characteristics and processing methods]. Kazan: Kazan University; 2014. 51 p. (In Russ.).

Сведения об авторах

Пономарёва Ольга Ивановна


канд. техн. наук, доцент, ректор, ФГБОУ ДПО «Санкт-Петербургский институт управления и пищевых технологий», 191186, Санкт-Петербург, наб. канала Грибоедова, 7, тел.: +7 (812) 314-18-45, e-mail: bio@hlebspb.ru
 <https://orcid.org/0000-0003-3680-9445>

Борисова Екатерина Валерьевна


канд. техн. наук, заведующая лабораторией микробиологии, технологии и биохимии дрожжей, ФГБОУ ДПО «Санкт-Петербургский институт управления и пищевых технологий», 191186, Санкт-Петербург, наб. канала Грибоедова, 7, тел.: +7 (812) 312-33-32, e-mail: bio@hlebspb.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-5472-7358>

Information about the authors

Olga I. Ponomareva


Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor, Rector, Saint Petersburg Institute of Management and Food Technologies, 7, Griboedov channel, St. Petersburg, 191186, Russia, phone: +7 (812) 314-18-45, e-mail: bio@hlebspb.ru
 <https://orcid.org/0000-0003-3680-9445>

Ekaterina V. Borisova

Cand.Sci.(Eng.), Head of the Laboratory of Microbiology, Biochemistry and Technology of Yeast, Saint Petersburg Institute of Management and Food Technologies, 7, Griboedov channel, St. Petersburg, 191186, Russia, phone: +7 (812) 312-33-32, e-mail: bio@hlebspb.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-5472-7358>


Прохорчик Игорь Петрович

канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой пищевой биотехнологии, ФГБОУ ДПО «Санкт-Петербургский институт управления и пищевых технологий», 191186, Санкт-Петербург, наб. канала Грибоедова, 7, тел.: +7 (812) 312-33-32, e-mail: bio@hlebspb.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-6857-4524>

Igor P. Prokhorchik

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor, Head of the Department of Food Biotechnology, Saint Petersburg Institute of Management and Food Technologies, 7, Griboedov channel, St. Petersburg, 191186, Russia, phone: +7 (812) 312-33-32, e-mail: bio@hlebspb.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-6857-4524>

Технология переработки молока с применением цеолита¹

И. А. Смирнова¹, А. К. Какимов², Е. С. Жарыкбасов^{2,*} 

¹ ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»,
650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6

² Государственный университет имени Шакарима города Семей,
071400, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Глинки, 20А

Дата поступления в редакцию: 04.04.2019

Дата принятия в печать: 21.06.2019

*e-mail: erlan-0975@mail.ru



© И. А. Смирнова, А. К. Какимов, Е. С. Жарыкбасов, 2019

Аннотация. Работа посвящена исследованию влияния технологических параметров фильтрации с применением цеолита области в качестве сорбционно-фильтрующего материала на изменение содержания витаминов, минеральных веществ, физико-химических и органолептических показателей молока. Для проведения комплексного экспериментального исследования была разработана технологическая схема. Согласно разработанной схеме молоко пропускали через фильтр, содержащий от 100 г до 200 г цеолита, под давлением с частотой оборотов насоса от 300 об/мин до 400 об/мин. Установлено, что увеличение частоты оборотов насоса в процессе фильтрации до 400 об/мин в фильтрах приводит к значительному изменению содержания в молоке минеральных веществ, витаминов А и Е. Наблюдается понижение содержания ионов железа, цинка и фосфора в молоке после фильтрации. Содержание же таких элементов, как натрий, калий, кальций и магний повышается. Содержание витамина А после фильтрации понижается с 24 до 23,9–23,8 мкг/на 100 л молока, содержание витамина Е понижается с 0,097 до 0,095–0,092 мг/на 100 л молока. В результате исследования влияния процесса фильтрации на изменение физико-химических показателей молока установлено, что с повышением частоты оборотов насоса до 400 об/мин и содержания цеолита в фильтрах до 150 г и 200 г титруемая кислотность молока понижается до 15 °Т. Органолептические показатели молока в процессе фильтрации не изменяются. На основании проведенных исследований установлено, что к наиболее оптимальным параметрам фильтрации молока с применением природного цеолита относится создание давления потока жидкости при частоте оборотов насоса 300 об/мин (объемная производительность насоса 10 л/мин или 600 л/час) и при содержании цеолита в фильтрах 200 г (80 % от объема фильтра).

Ключевые слова. Молоко, природный цеолит, сорбционно-фильтрующий материал

Для цитирования: Смирнова, И. А. Технология переработки молока с применением цеолита / И. А. Смирнова, А. К. Какимов, Е. С. Жарыкбасов // Техника и технология пищевых производств. – 2019. – Т. 49, № 2. – С. 245–252. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-2-245-252>.

Original article

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

Milk Processing Technology Using Zeolite

I.A. Smirnova¹, A.K. Kakimov², E.S. Zharykbassov^{2,*} 

¹ Kemerovo State University,
6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650056, Russia

² Shakarim State University of Semey,
20A, Glinka Str., Semey, 071412, Kazakhstan

Received: April 04, 2019

Accepted: June 21, 2019

*e-mail: erlan-0975@mail.ru



© I.A. Smirnova, A.K. Kakimov, E.S. Zharykbassov, 2019

Abstract. The present research features the effect of technological parameters of zeolite filtration on the content of vitamins, minerals, and physico-chemical and sensory properties of milk. The zeolite was obtained from the Tarbagatai deposit (East of Kazakhstan). The authors developed a flow chart for a comprehensive experimental study of the technological process. According to the developed technological scheme, the milk went through a filter containing 100–200 g of zeolite, under pressure at a pump speed of 300–400 rpm. When the frequency of the pump rpm was increased to 400 rpm, it resulted in a significant change in the content of minerals and vitamins A and E in the milk. However, the filtration triggered a decrease in the content of iron, zinc, and phosphorus ions, while the content of sodium, potassium, calcium, and magnesium increased. The content of vitamin A after the filtration decreased from 24 to 23.9–23.8 mg per 100 liters of milk, while the content of vitamin E decreased from 0.097 to 0.095–0.092 mg per 100 liters of milk. Thus, the filtration process affected the physicochemical parameters of the milk: the frequency of the pump

¹ Материал опубликован в рамках II Международного симпозиума «Инновации в пищевой биотехнологии». 13–14 мая 2019 г., Кемерово, Кемеровский государственный университет.

speed reached 400 rpm, and the content of zeolite in the filters increased up to 150 g and 200 g, while the titrated acidity fell down to 15°T. The sensory properties of the milk did not change during the filtration process. The optimal parameters for zeolite filtration of milk were established as follows: pump speed = 300 rpm; pump volumetric capacity = 10 l/min or 600 l/h; zeolite content = 200 g (80% of the filter volume).

Keywords. Milk, natural zeolite, sorption-filtering material

For citation: Smirnova IA, Kakimov AK, Zharykbassov ES. Milk Processing Technology Using Zeolite. Food Processing: Techniques and Technology. 2019;49(2):245–252. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-2-245-252>.

Введение

Для обеспечения безопасности молочных продуктов, производимых в экологически неблагоприятных регионах, большое внимание уделяется применению цеолита для переработки молочного сырья с повышенным содержанием токсичных элементов. Перспективность использования цеолита в пищевой промышленности объясняется его способностью проявлять молекулярно-ситовые свойства, т. е. тенденцию к избирательному поглощению одних ионов или молекул перед другими в процессах адсорбции и ионного обмена [1, 2]. Уникальные свойства цеолита нашли широкое применение в пищевой промышленности для очистки питьевой воды, алкогольных и безалкогольных напитков, соков, чая, пива, вина, растительных масел и др. от белков, остатков пестицидов, токсинов, ионов тяжелых металлов, изотопов радионуклидов и других ксенобиотиков [3–5]. Так, для очистки растительного масла от соапстока и адсорбции красящих веществ доказана возможность применения цеолита в качестве фильтрующей перегородки на вертикальных конических центрифугах [6]. Для очистки растительного масла от негидратируемых фосфатидов проведена модернизация сепаратора СЦ-3 с применением природного цеолита [7]. Для повышения вкусовых качеств водки предложен способ очистки спиртовых и водно-спиртовых растворов от летучих примесей с применением шунгита и клиноптилолита [8, 9].

В настоящее время известно несколько работ, посвященных применению цеолита в качестве сорбционного материала для понижения содержания токсичных элементов в молочном сырье. Так, для очистки молока от радионуклидов разработано устройство с адсорбционной колонкой, заполненной сорбентами. В качестве сорбента используется шивертуинский цеолит [10]. Для понижения содержания цезия в молоке применяется ионообменная установка РЗ-ОУИ с двумя ионообменными колонками, в каждую из которых загружается цеолит. После очистки содержание радиоцезия в молоке уменьшилось в 10 раз (и более) в сравнении с его исходным уровнем. Установлено, что ионообменная дезактивация цеолитом незначительно повлияла на основные физико-химические показатели молока [11]. С применением цеолита Сокирницкого месторождения разработана фильтрационная установка для понижения содержания цезия и стронция в молоке [12]. На основе анализа литературных данных установлено, что цеолиты нашли разностороннее применение во всех отраслях промышленности, в том числе и в пищевой промыш-

ленности. Наряду с этим, опубликовано незначительное количество научно-исследовательских работ, направленных на использование природных цеолитов для очистки молока от токсичных элементов.

Учитывая актуальность применения цеолита в пищевой промышленности, в результате собственных исследований разработан технологический способ понижения токсичных элементов в молочном сырье с применением цеолита Тарбагатайского месторождения Восточно-Казахстанской области. В цеолите данного месторождения установлено до 77 % клиноптилолита и высокое соотношение $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ [3, 6]. Для апробации технологических режимов применения цеолита для очистки молока создан экспериментальный стенд для фильтрации молочного сырья. Основным структурным элементом экспериментального стенда является разборный фильтр, в который помещается цеолит.

Основная цель работы – исследование влияния технологических параметров фильтрации с применением цеолита на изменение состава и свойств молочного сырья.

Объекты и методы исследования

Для фильтрации в пастбищный период было отобрано молочное сырье из частных хозяйств 10 населенных пунктов трех районов (Абайского, Аягоского и Уржарского), расположенных в юго-восточном направлении со стороны бывшего Семипалатинского испытательного ядерного полигона. Перед фильтрацией образцы молока, полученные из разных регионов, были смешаны. Для проведения комплексного экспериментального исследования технологического процесса фильтрации молока с применением цеолита была разработана технологическая схема. В соответствии с технологической схемой молоко пропускали через фильтр под давлением с разной частотой оборотов насоса от 100 об/мин до 400 об/мин.

В работе были проведены экспериментальные исследования влияния технологических параметров фильтрации с применением цеолитов на изменение содержания токсичных элементов в молочном сырье. В результате проведенных исследований установлено, что наибольшее изменение токсичных элементов (радиоактивных элементов, тяжелых металлов) наблюдается при фильтрации молока под давлением с частотой оборотов насоса 300–400 об/мин.

На первом этапе, согласно разработанной технологической схеме, молоко пропускали через фильтр, содержащий 100 г цеолита, под давлением с частотой

Таблица 1. Изменение содержания минеральных веществ в молоке в процессе фильтрации с частотой оборотов насоса 300 об/мин

Table 1. Changes in the content of minerals in the milk during the filtration at 300 rpm

Молочное сырье	Содержание химических элементов, мг/100 г								
	Na	K	Ca	Mg	P	Fe	Cu	Zn	Mn
До фильтрации	57	146	128,9	12,6	91,2	0,056	0,012	0,32	0,004
После фильтрации через 100 г Ц*	58	146	129,6	12,6	91,0	0,053	0,012	0,31	0,004
После фильтрации через 150 г Ц*	62	149	131,5	12,8	90,6	0,051	0,011	0,26	0,004
После фильтрации через 200 г Ц*	65	153	132,8	13,1	90,0	0,049	0,011	0,21	0,003

оборотов насоса от 300 об/мин до 400 об/мин. На втором этапе молоко пропускали через фильтр, содержащий 150 г цеолита, при тех же условиях. На третьем этапе фильтрацию молока проводили на фильтре, содержащий 200 г цеолита. Учитывая, что фильтрация молока с применением цеолита основана на процессе экзотермической адсорбции, экспериментальные исследования проведены при температуре 18–20 °С, т. к. она считается наиболее оптимальной температурой адсорбции по данным В. С. Комарова.

На основе анализа литературных источников установлено, что одной из характерных особенностей цеолитов является ионный обмен. Вместе с тем процесс сорбции зависит от соответствия входных отверстий цеолитного каркаса и размера замещающих ионов. Цеолит способен проявлять сорбционные свойства в отношении минеральных веществ и соединений, имеющих диаметр молекул меньше диаметра входных «окон» пористой структуры цеолита [13–16]. Также российскими учеными, на основании исследования кинетики сорбции витамина Е на клиноптилолитовом туфе, установлено, что данный природный минерал сорбирует витамин Е [17]. В связи с этим было исследовано изменение содержания витаминов и минеральных веществ, органолептических и физико-химических показателей молочного сырья в процессе фильтрации с применением цеолита в качестве сорбционно-фильтрующего материала.

Исследования по содержанию минеральных веществ в молоке проведены на жидко-плазменном спектрометре «VARIAN 820-IGPMS» (фирма «VARIAN», Австралия). Для подготовки аналитических образцов используется метод автоклавного разложения в две стадии. Метод основан на минерализации образцов проб в герметично замкнутом объеме аналитического автоклава под воздействием повышенной температуры и давления. Для определения витаминов применены колориметрический и спектрофотометрический методы. Для исследования физико-химических показателей молока были применены стандартные методы.

трический и спектрофотометрический методы. Для исследования физико-химических показателей молока были применены стандартные методы.

Результаты и их обсуждение

На первом этапе исследовано изменение содержания минеральных веществ в молочном сырье в процессе фильтрации. Результаты исследования представлены в таблицах 1 и 2.

Как видно из таблицы 1, в молоке в процессе фильтрации незначительно увеличивается содержание катионов натрия, калия, кальция и магния. Увеличение содержания данных катионов в молоке в процессе фильтрации, по-видимому, связано с тем, что катионы натрия, калия, кальция и магния относятся к ионообменным катионам цеолита. Содержание остальных исследуемых минеральных веществ в молоке после фильтрации изменяется незначительно.

Как видно из таблицы 2, содержание исследуемых минеральных веществ в молоке в процессе фильтрации при увеличении частоты оборотов насоса изменяется больше, чем при фильтрации со скоростью оборотов насоса 300 об/мин. Наблюдается значительное понижение содержания отдельных минеральных веществ в молоке после фильтрации, например, ионов железа, цинка и фосфора. Содержание таких элементов, как натрий, калий, кальций и магния повышается. При этом содержание натрия повышается в большей степени (на 7,9 %), чем содержание остальных трех элементов. Содержание калия повышается на 2,7 %, кальция на 0,45 %, магния на 3,8 %. Исследованиями ряда ученых установлено, что степень обмена катиона натрия, содержащихся в цеолите, намного выше, чем степень обмена других катионов, что объясняет изменение содержания в молоке данного катиона [18–20]. Значительное изменение содержания минеральных веществ в молоке с увеличением частоты оборотов насоса связано с повышением скорости потока жидкости и с уменьше-

Таблица 2. Изменение содержания минеральных веществ в молоке в процессе фильтрации с частотой оборотов насоса 400 об/мин

Table 2. Changes in the content of minerals in the milk during filtration at 400 rpm

Молочное сырье	Содержание химических элементов, мг/100 г								
	Na	K	Ca	Mg	P	Fe	Cu	Zn	Mn
До фильтрации	57	146	128,9	12,6	91,2	0,056	0,012	0,32	0,004
После фильтрации через 100 г Ц*	58	146	129,6	12,6	91,0	0,053	0,012	0,31	0,004
После фильтрации через 150 г Ц*	63	148	133,3	12,9	90,1	0,050	0,01	0,29	0,004
После фильтрации через 200 г Ц*	68	152	133,9	13,4	88,7	0,047	0,01	0,26	0,003

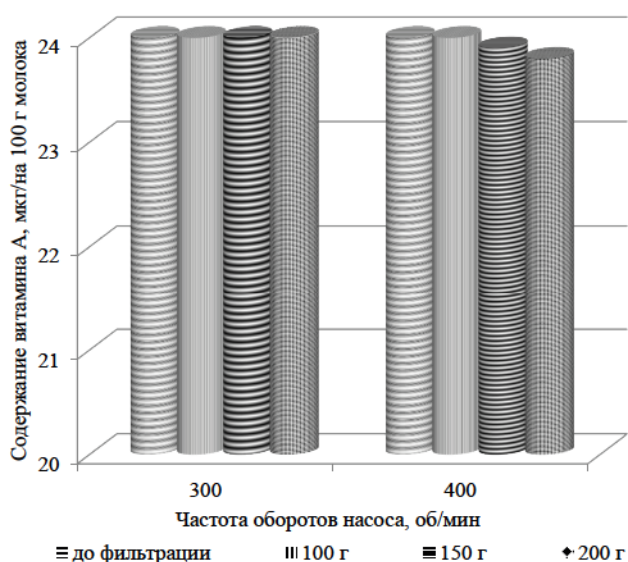


Рисунок 1. Изменение содержания витамина А в молоке после фильтрации

Figure 1. Changes in the content of vitamin A in the milk after filtration

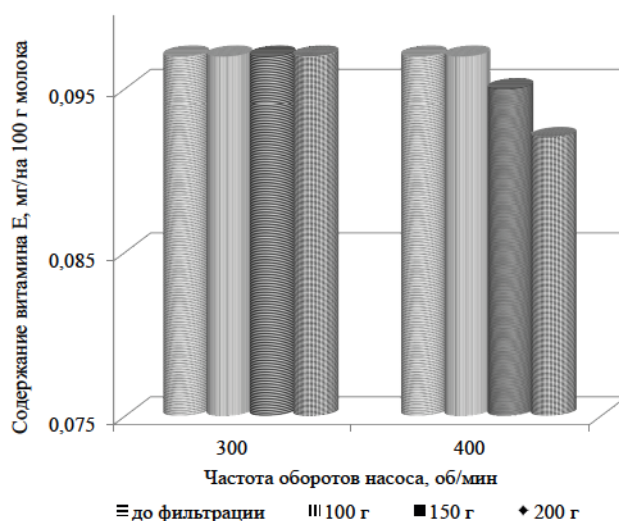


Рисунок 3. Изменение содержания витамина Е в молоке после фильтрации

Figure 3. Changes in the content of vitamin E in the milk after filtration

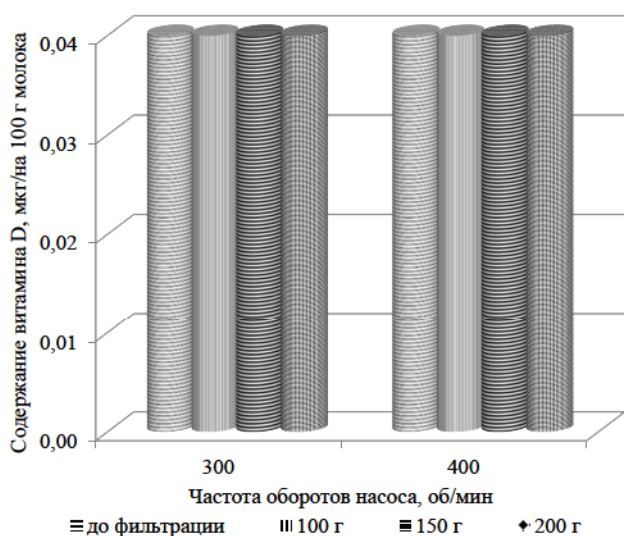


Рисунок 2. Изменение содержания витамина D в молоке после фильтрации

Figure 2. Changes in the content of vitamin D in the milk after filtration

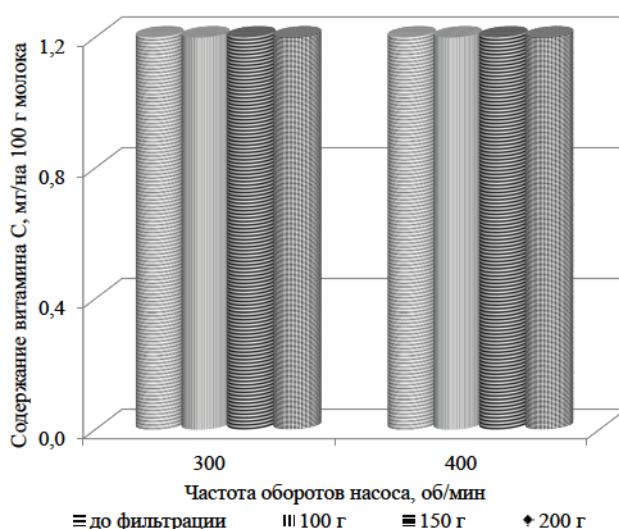


Рисунок 4. Изменение содержания витамина С в молоке после фильтрации

Figure 4. Changes in the content of vitamin C in the milk after filtration

нием диффузионного сопротивления при прохождении катионов с меньшим диаметром в окна пористой структуры цеолита, что приводит к повышению активности данных катионов.

На следующем этапе исследовано изменение витаминов (А, D, Е и С) в процессе фильтрации молока. Результаты исследования представлены на рисунках 1–4.

На основании проведенных исследований установлено, что процесс фильтрации при различных технологических параметрах с применением цеолита не повлиял на изменение содержания в молоке витаминов D и С. Как видно из рисунков 1 и 3, с увеличением частоты оборотов насоса до 400 об/мин и

с увеличением количества цеолита в фильтрах от 150 до 200 г содержание витаминов А и Е в молоке после фильтрации понижается. Так, при фильтрации молока через фильтр, содержащий 150 г цеолита, содержание витамина А понижается с 24 до 23,9 мкг/на 100 л молока. Содержание витамина Е понижается с 0,097 до 0,095 мг/на 100 л молока. С увеличением количества цеолита до 200 г в фильтрах содержание витамина А понижается с 24 до 23,8 мкг/на 100 л молока. Содержание витамина Е понижается с 0,097 до 0,092 мг/на 100 л молока.

Результаты исследования изменения физико-химических показателей молока в процессе фильтрации представлены в таблицах 3 и 4.

Как видно из таблицы 3, в процессе фильтрации молока на экспериментальном стенде с частотой оборотов насоса 300 об/мин титруемая кислотность молочного

Таблица 3. Физико-химические показатели молока в процессе фильтрации с частотой оборотов насоса 300 об/мин

Table 3. Physical and chemical properties of milk during filtration at 300 rpm

Наименование показателя	Норма			
	Молоко до фильтрации	Молоко после фильтрации в фильтрах с содержанием цеолита		
		100 г	150 г	200 г
Кислотность, °Т	19	18		
Плотность, г/см ³	1,028	1,028		
Массовая доля жира, %	5,5	5,5		
Массовая доля сухих веществ, %	12	12		
Массовая доля белка, %	2,89	2,89		

сырья изменилась до 18 °Т. Это связано с незначительным изменением состава фосфорно-кислых солей, влияющих на титруемую кислотность молока.

Повышение частоты оборотов насоса до 400 об/мин в процессе фильтрации с содержанием цеолита в фильтрах 150 г и 200 г приводит к понижению титруемой кислотности молока до 15 °Т (табл. 4). Понижение титруемой кислотности молока можно объяснить значительным изменением минерального состава в молочном сырье в процессе фильтрации. Это привело к изменению состава кислых солей в молоке. Как видно из таблиц 3 и 4, остальные показатели физико-химических свойств молока не изменяются в процессе фильтрации. На следующем этапе исследовано изменение органолептических показателей молока в процессе фильтрации. Результаты исследования представлены в таблицах 5 и 6.

На основании проведенных исследований установлено, что в процессе фильтрации молока на экспериментальном стенде с применением цеолита в качестве

Таблица 4. Физико-химические показатели молока в процессе фильтрации с частотой оборотов насоса 400 об/мин

Table 4. Physical and chemical properties of milk during filtration at 400 rpm

Наименование показателя	Норма			
	Молоко до фильтрации	Молоко после фильтрации в фильтрах с содержанием цеолита		
		100 г	150 г	200 г
Кислотность, °Т	19	17	15	
Плотность, г/см ³	1,028	1,028	1,028	
Массовая доля жира, %	5,5	5,5	5,5	
Массовая доля сухих веществ, %	12	12	12	
Массовая доля белка, %	2,89	2,89	2,89	

Таблица 5. Органолептические показатели молока в процессе фильтрации при частоте оборотов насоса 300 об/мин

Table 5. Sensory properties of milk during filtration at 300 rpm

Наименование показателя	Характеристика			
	Молоко до фильтрации	Молоко после фильтрации в фильтрах с содержанием цеолита		
		100 г	150 г	200 г
Консистенция	Однородная жидкость без осадка и хлопьев	Однородная жидкость без осадка и хлопьев		
Вкус и запах	Чистые, без посторонних запахов и привкусов, не свойственных свежему натуральному молоку	Чистые, без посторонних запахов и привкусов, не свойственных свежему натуральному молоку		
Цвет	Белый	Белый		

Таблица 6. Органолептические показатели молока в процессе фильтрации при частоте оборотов насоса 400 об/мин

Table 6. Sensory properties of milk during filtration at 300 rpm

Наименование показателя	Характеристика			
	Молоко до фильтрации	Молоко после фильтрации в фильтрах с содержанием цеолита		
		100 г	150 г	200 г
Консистенция	Однородная жидкость без осадка и хлопьев	Однородная жидкость без осадка и хлопьев		
Вкус и запах	Чистые, без посторонних запахов и привкусов, не свойственных свежему натуральному молоку	Чистые, без посторонних запахов и привкусов, не свойственных свежему натуральному молоку		
Цвет	Белый	Белый		

сорбционно-фильтрующего материала органолептические показатели молочного сырья не изменяются.

Выводы

В результате проведенных исследований установлено, что наиболее оптимальными параметрами фильтрации молока на экспериментальном фильтрационном стенде с применением в качестве сорбционно-фильтрующего материала цеолита Тарбагатайского района Восточно-Казахстанской области являются создание давления потока жидкости при частоте оборотов насоса 300 об/мин (объемная производительность насоса 10 л/мин или 600 л/час) и при содержании цеолита в фильтрах 200 г (80 % от объема фильтра). При увеличении частоты оборотов насоса до 400 об/мин и содержании цеолита в фильтрах 150–200 г наблюдается наиболее значительное изменение в молоке содержания минеральных веществ, витаминов А и Е,

а также понижение титруемой кислотности до 15 °Т.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование

Материалы подготовлены в рамках выполнения бюджетной программы 120 «Грантовое финансирование научных исследований» Министерства образования и науки Республики Казахстан по теме «Исследование степени накопления свойственных для Семейского региона Восточно-Казахстанской области радиоактивных элементов и тяжелых металлов в сырье животного и растительного происхождения и разработка технологического способа понижения их содержания в процессе переработки исследуемого сырья».

Список литературы

1. Шарафиев, Д. Р. Анализ потребительских свойства природных цеолитов в странах СНГ / Д. Р. Шарафиев, А. И. Хацринов // Вестник технологического университета. – 2016. – Т. 19, № 12. – С. 95–98.
2. Cationic dye adsorption onto natural and synthetic zeolites in the presence of Cs⁺ and Sr²⁺ ions / N. Ayar, G. Keçeli, A. E. Kurtoglu [et al.] // Toxicological and Environmental Chemistry. – 2015. – Vol. 97, № 1. – P. 11–21. DOI: <https://doi.org/10.1080/02772248.2014.949264>.
3. Pritylska, N. Research of prospects for using zeolites in the food industry / N. Pritylska, E. Bondarenko // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2015. – Vol. 5, № 11. – P. 4–9. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2015.51067>.
4. Removal of phosphate from aqueous solutions by adsorption onto Ca (OH)₂ treated natural clinoptilolite / D. Mitrogiannis, M. Psychoyou, I. Baziotis [et al.] // Chemical Engineering Journal. – 2017. – Vol. 320. – P. 510–522. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2017.03.063>.
5. Сорбция ионов железа (III) из вин цеолитами, обработанными кислотой / Р. С. Арутюнян, Л. Р. Арутюнян, И. А. Петросян [и др.] // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. – 2017. – Т. 7, № 1 (20). – С. 111–118. DOI: <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2017-7-1-111-118>.
6. Земсков, В. И. Свойства фильтрующих перегородок из природного цеолита / В. И. Земсков, Г. М. Харченко // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2014. – Т. 114, № 4. – С. 148–152.
7. Земсков, В. И. Центрифуга для очистки растительных масел на базе сепаратора СЦ-3 / В. И. Земсков, Г. М. Харченко // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2015. – Т. 126, № 4. – С. 114–120.
8. Marynchenko, L. Exploring the possibility of purification of water-alcohol solutions of different concentrations containing aldehydes and esters by mineral adsorbents / L. Marynchenko, V. Marynchenko, M. Hyvel // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2017. – Vol. 4, № 11–88. – P. 10–15. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.108750>.
9. Marynchenko, L. Research of mineral adsorbents application for water-alcohol solutions purification in technology of alcoholic beverages / L. Marynchenko, V. Marynchenko, M. Hyvel // EUREKA: Physics and Engineering. – 2017. – № 4. – P. 3–10. DOI: <http://doi.org/10.21303/2461-4262.2017.00397>.
10. Шубина, Н. И. Методы снижения радионуклидов в молоке и молочных продуктах / Н. И. Шубина, Г. Е. Усков // Молодежь и наука. – 2016. – № 1. – С. 7–11.
11. Донская, Г. А. Очистка молока от радионуклидов цезия неорганическим природным сорбентом / Г. А. Донская, В. А. Марьян // Молочная промышленность. – 2014. – № 12. – С. 48–49.
12. Радиопротекторные свойства природных цеолитов / А. К. Какимов, Ж. Х. Какимова, Г. М. Байбалинова [и др.] // Международная научно-практическая конференция, посвященная памяти Василия Матвеевича Горбатова. – 2014. – № 1. – С. 112–113.
13. Removal of Cs⁺, Sr²⁺, and Co²⁺ Ions from the Mixture of Organics and Suspended Solids Aqueous Solutions by Zeolites / X.-H. Fang, F. Fang, C.-H. Lu [et al.] // Nuclear Engineering and Technology. – 2017. – Vol. 49, № 3. – P. 556–561. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.net.2016.11.008>.
14. Evaluation of the possible use of a Bulgarian clinoptilolite for removing strontium from water media / N. Lihareva, O. Petrov, Y. Tzvetanova [et al.] // Clay Minerals. – 2015. – Vol. 50, № 1. – P. 55–64. DOI: <https://doi.org/10.1180/claymin.2015.050.1.06>.
15. Role of zeolite's exchangeable cations in phosphate adsorption onto zirconium-modified zeolite / Y. Zhan, Z. Zhang, J. Gao [et al.] // Journal of Molecular Liquids. – 2017. – Vol. 243. – P. 624–637. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2017.08.091>.

16. A study of the ion exchange effect on the sorption properties of heulandite–clinoptilolite zeolite / A. M. Spiridonov, M. D. Sokolova, A. A. Okhlopko [et al.] // *Journal of Structural Chemistry*. – 2015. – Vol. 56, № 2. – P. 297–303. DOI: <https://doi.org/10.1134/S0022476615020134>.
17. Кинетика сорбции витамина Е на клиноптилолитовом туфе / С. Ю. Васильева, Е. В. Бородина, Д. Л. Котова [и др.] // *Сорбционные и хроматографические процессы*. – 2010. – Т. 10, № 3. – С. 348–353.
18. Мамедова, Г. А. Ионообменные свойства природного цеолита морденита / Г. А. Мамедова // *Тонкие химические технологии*. – 2016. – Т. 11, № 1. – С. 29–33.
19. Adsorption of cephalixin from aqueous solution using natural zeolite and zeolite coated with manganese oxide nanoparticles / M. R. Samarghandi, T. J. Al-Musawi, A. Mohseni-Bandpi [et al.] // *Journal of molecular liquids*. – 2015. – Vol. 211. – P. 431–441. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2015.06.067>.
20. Effects of sodium content on physicochemical properties of usy zeolite / L. Zhang, X. H. Gao, Y. H. Zhang [et al.] // *Rengong Jingti Xuebao/Journal of Synthetic Crystals*. – 2014. – Vol. 43, № 2. – P. 454–460.

References

1. Sharafiev DR, Khatsrinov AI. Analiz potrebitel'skikh svoystva prirodnykh tseolitov v stranakh SNG [Analysis of consumer properties of natural zeolites in the CIS countries]. *Bulletin of the Technological University*. 2016;19(12):95–98. (In Russ.).
2. Ayar N, Keçeli G, Kurtoğlu AE, Atun G. Cationic dye adsorption onto natural and synthetic zeolites in the presence of Cs⁺ and Sr²⁺ ions. *Toxicological and Environmental Chemistry*. 2015;97(1):11–21. DOI: <https://doi.org/10.1080/02772248.2014.949264>.
3. Pritylska N, Bondarenko E. Research of prospects for using zeolites in the food industry. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2015;5(11):4–9. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2015.51067>.
4. Mitrogiannis D, Psychou M, Baziotis I, Inglezakis VJ, Koukouzas N, Tsoukalas N, et al. Removal of phosphate from aqueous solutions by adsorption onto Ca (OH)₂ treated natural clinoptilolite. *Chemical Engineering Journal*. 2017;320:510–522. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2017.03.063>.
5. Harutyunyan RS, Harutyunyan LR, Petrosyan IA, Badalyan GG, Sargsyan HO, Kuznetsova TF, et al. Sorption of Fe (III) ions from wines by acid treated zeolites. *Proceedings of Universities. Applied Chemistry and Biotechnology*. 2017;7(1)(20):111–118. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2017.03.063>.
6. Zemskov VI, Kharchenko GM. Properties of filter baffle plates made of natural zeolite. *Bulletin of Altai State Agricultural University*. 2014;114(4):148–152. (In Russ.).
7. Zemskov VI, Kharchenko GM. Filtering centrifuge for vegetable oil clarification based on STS-3 separator. *Bulletin of Altai State Agricultural University*. 2015;126(4):114–120. (In Russ.).
8. Marynchenko L, Marynchenko V, Hyvel M. Exploring the possibility of purification of water-alcohol solutions of different concentrations containing aldehydes and esters by mineral adsorbents. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2017;4(11–88):10–15. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.108750>.
9. Marynchenko L, Marynchenko V, Hyvel M. Research of mineral adsorbents application for water-alcohol solutions purification in technology of alcoholic beverages. *EUREKA: Physics and Engineering*. 2017;(4):3–10. DOI: <http://doi.org/10.21303/2461-4262.2017.00397>.
10. Shubina NI, Uskov GE. Methods of reduction of radionuclides in milk and dairy products. *Molodezh' i nauka [Youth and Science]*. 2016;(1):7–11. (In Russ.).
11. Donskaya GA, Mariin VA. Purification of milk from radionuclides of cesium with non-organic natural sorbent. *Dairy Industry*. 2014;(12):48–49. (In Russ.).
12. Kakimov AK, Kakimova ZhH, Baibalinova GM, Mirasheva GO, Amanzholov SA, Baitakova AK. Radioprotective properties of natural zeolites. *Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya, posvyashchennaya pamyati Vasiliya Matveevicha Gorbatova [International Scientific and Practical Conference dedicated to the memory of Vasily Matveevich Gorbatov]*. 2014;(1):112–113. (In Russ.).
13. Fang X-H, Fang F, Lu C-H, Zheng L. Removal of Cs⁺, Sr²⁺, and Co²⁺ Ions from the Mixture of Organics and Suspended Solids Aqueous Solutions by Zeolites. *Nuclear Engineering and Technology*. 2017;49(3):556–561. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.net.2016.11.008>.
14. Lihareva N, Petrov O, Tzvetanova Y, Kadiyski M, Nikashina A. Evaluation of the possible use of a Bulgarian clinoptilolite for removing strontium from water media. *Clay Minerals*. 2015;50(1):55–64. DOI: <https://doi.org/10.1180/claymin.2015.050.1.06>.
15. Zhan Y, Zhang Z, Gao J, Lin J, Zhang Z. Role of zeolite's exchangeable cations in phosphate adsorption onto zirconium-modified zeolite. *Journal of Molecular Liquids*. 2017;243:624–637. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2017.08.091>.
16. Spiridonov AM, Sokolova MD, Okhlopko AA, Koryakina VV, Shits EY, Argunova AG, et al. A study of the ion exchange effect on the sorption properties of heulandite–clinoptilolite zeolite. *Journal of Structural Chemistry*. 2015;56(2):297–303. DOI: <https://doi.org/10.1134/S0022476615020134>.
17. Vasileva SU, Borodina EV, Kotova DL, Krysanova TA. The kinetics sorption of the vitamin E by clinoptilolite tuff. *Sorption and Chromatographic Processes*. 2010;10(3):348–353. (In Russ.).
18. Mamedova GA. The ion-exchange properties of natural zeolite mordenite. *Fine Chemical Technologies*. 2016;11(1):29–33. (In Russ.).

19. Samarghandi MR, Al-Musawi TJ, Mohseni-Bandpi A. Adsorption of cephalixin from aqueous solution using natural zeolite and zeolite coated with manganese oxide nanoparticles. *Journal of molecular liquids*. 2015;211:431–441. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2015.06.067>.

20. Zhang L, Gao XH, Zhang YH, Su Y, Zhang A-P. Effects of sodium content on physicochemical properties of usy zeolite. *Rengong Jingti Xuebao/Journal of Synthetic Crystals*. 2014;43(2):454–460.

Сведения об авторах

Смирнова Ирина Анатольевна


д-р техн. наук, профессор, заведующая кафедрой технологии молока и молочных продуктов, ФГБОУВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (3842) 39-68-58, e-mail: milk@kemsu.ru

Какимов Айтбек Калиевич

д-р техн. наук, профессор, руководитель центра послевузовского образования, Государственный университет имени Шакарима города Семей, 071400, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Глинки, 20А, тел.: +7 (7222) 35-95-49, e-mail: kancel@semgu.kz

Жарыкбасов Ерлан Сауыкович

Государственный университет имени Шакарима города Семей, 071400, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Глинки, 20А, тел.: +7 (7222) 35-95-49, e-mail: kancel@semgu.kz

 <https://orcid.org/0000-0001-9707-0539>

Information about the authors

Irina A. Smirnova


Dr.Sci.(Eng.), Professor, Head of the Department of Milk and Milk Products Technology, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-58, e-mail: milk@kemsu.ru

Aitbek K. Kakimov

Dr.Sci.(Eng.), Professor, Head Center of the Information and Communicative Technology Faculty, Shakarim State University of Semey, 20A, Glinka Str., Semey, 071412, Kazakhstan, phone: +7 (7222) 35-95-49, e-mail: kancel@semgu.kz

Erlan S. Zharykbasov

Shakarim State University of Semey, 20A, Glinka Str., Semey, 071412, Kazakhstan, phone: +7 (7222) 35-95-49, e-mail: kancel@semgu.kz

 <https://orcid.org/0000-0001-9707-0539>

Перспективы применения амаранта в диетотерапии детей с непереносимостью глютена

С. А. Урубков*, С. С. Хованская, С. О. Смирнов

ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В. М. Горбатова» РАН,
142718, Россия, Московская область, Ленинский район,
пос. Измайлово, 22

Дата поступления в редакцию: 27.03.2019
Дата принятия в печать: 21.06.2019

*e-mail: glen.vniiz@gmail.com



© С. А. Урубков, С. С. Хованская, С. О. Смирнов, 2019

Аннотация. Основным способом лечения больных с непереносимостью глютена является диетотерапия. На фоне соблюдения безглютеновой диеты у детей наблюдается дефицит многих важных компонентов пищи. Недостаток потребления нутриентов, а также нарушения их всасывания напрямую воздействует на степень физического развития ребёнка. Решением этой задачи является расширение ассортимента специализированных безглютеновых зерновых смесей с использованием амаранта. Результаты мировых исследований относят амарант к безглютеновым злакам, так как его белки продемонстрировали полное отсутствие проявления токсичности у больных целиакией. В данной статье мы обобщили информацию о содержании в зерне амаранта основных нутриентов, минеральных и биологически активных веществ, в том числе важнейшего регулятора липидного и стероидного обмена – сквалена. Амарант отличается высоким содержанием полноценного белка, полиненасыщенных жирных кислот, биологически активных и минеральных веществ, что в совокупности позволяет восполнить недостаток потребления этих веществ, а при регулярном потреблении снизить частоту и степень выраженности их дефицитных состояний. Кроме того, рассмотрена информация о структуре и некоторых технологических свойствах зерна амаранта. Это определило возможные перспективы и направление дальнейших исследований по разработке рецептурных композиций безглютеновых зерновых смесей с использованием амаранта и овощных компонентов для детского питания. Расширение линейки специализированных безглютеновых продуктов с использованием амаранта для детей с целиакией позволит оптимизировать подходы к организации питания больных с непереносимостью глютена, повысить комплаентность лечения, улучшить качество жизни ребёнка и его семьи.

Ключевые слова. Амарант, продукты детского питания, сбалансированная диета, целиакия, безглютеновая продукция, продукты на зерновой основе

Для цитирования: Урубков, С. А. Перспективы применения амаранта в диетотерапии детей с непереносимостью глютена / С. А. Урубков, С. С. Хованская, С. О. Смирнов // Техника и технология пищевых производств. – 2019. – Т. 49, № 2. – С. 253–261. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-2-253-261>.

Review article

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

Amaranth in Diet Therapy of Children with Gluten Intolerance

S.A. Urubkov*, S.S. Khovanskaya, S.O. Smirnov

V.M. Gorbatov Research Center for Food Systems of Russian Academy of Sciences
22, Izmailovo settlement, Leninsky district,
Moscow region, 142718, Russia

Received: March 27, 2019
Accepted: June 21, 2019

*e-mail: glen.vniiz@gmail.com



© S.A. Urubkov, S.S. Khovanskaya, S.O. Smirnov, 2019

Abstract. For patients with gluten intolerance, diet therapy remains the main method of treatment. Global epidemiological studies have dispelled the myth of celiac disease as a disease primarily of young children. Gluten intolerance can develop at any age. However, European scientists state that the amount of diseased children under 12 has increased dramatically. Gluten-free diets are found lacking in many important components. Children that fail to consume necessary nutrients or have problems with their absorption tend to be physically retarded. An increase in the amount of sugar and hydrogenated fats was observed in the diet of patients with celiac disease, which increases the risk of obesity and hyperinsulinemia. This problem can be solved by expanding the range of specialized gluten-free grain mixtures with amaranth. According to world studies, amaranth is a gluten-free grain as its proteins have demonstrated a complete absence of toxicity in patients with celiac disease. The present paper features the content of the main nutrients, minerals, and biologically active substances in amaranth grain, including squalene as the most important regulator of lipid and steroid metabolism. Its content in amaranth oil is about 7–8%. Amaranth is characterized by a high content of high-grade protein (an average of 17.5%), polyunsaturated fatty acids, and biologically active and mineral substances. The digestibility of

amaranth grain protein exceeds 73%. The fatty acid composition showed 38–48% of linoleic acid, 25–35% of oleic acid, 19–21% of palmitic acid, and 4–5% of stearic acids, which is about 95% of all fatty acids. Thus, amaranth can compensate for the lack of these substances in diet. Regular consumption of amaranth can reduce the frequency and severity of various deficiencies. In addition, the paper contains information on the structure and some technological properties of amaranth grain. The authors determine the possible prospects of further research in the development of gluten-free amaranth and vegetable mixtures for children. A wider range of gluten-free amaranth products will improve diets for children with celiac disease, increase the treatment compliance, and improve the quality of life of the child and family.

Keywords. Amaranth, baby food, balanced diet, celiac disease, gluten-free products, grain-based products

For citation: Urubkov SA, Khovanskaya SS, Smirnov SO. Amaranth in Diet Therapy of Children with Gluten Intolerance. Food Processing: Techniques and Technology. 2019;49(2):253–261. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-2-253-261>.

Введение

В структуре заболеваний детей болезни органов пищеварения занимают существенное место как по распространенности, так и по тяжести клинических проявлений.

Непереносимость глютена – это заболевание, возникающее в ответ на употребление глютена или соответствующих проламинов и характеризующееся развитием атрофической энтеропатии, появлением в сыворотке крови специфических антител и широким спектром глютензависимых клинических проявлений. При этом диагноз «целиакия» может отсутствовать. Код Международной классификации болезней 10 пересмотра: K90.0 – целиакия [1].

Глютен представляет собой компонент клейковины злаков, состоящий из глютеинов – белков эндосперма, растворяющихся только в слабых кислотах или щелочах, и проламинов – белков растворимых в 60–80 % растворе этанола. В различных злаковых культурах проламины имеют свое название: в пшенице – глиадин, во ржи – секалин, в ячмене – гордеин, в овсе – авенин [2].

Непереносимость глютена встречается примерно у 1 % населения во всем мире, хотя большинство людей ассоциированные с этим заболеванием не диагностированы [1, 3, 4]. Исследования показывают, что распространенность пищевой непереносимости глютена за последние 50 лет увеличилась в 4–5 раз [5]. Также наблюдается отчетливая тенденция к нарастанию частоты гастроэнтерологической патологии в детском возрасте [3].

Диетотерапия является основным способом лечения пищевой непереносимости глютена. Эффективность лечения напрямую зависит от приверженности к безглютеновой диете, которая нередко нарушается из-за ограниченного ассортимента рекомендуемых продуктов и блюд. Поэтому расширение линейки специализированных безглютеновых продуктов, в том числе за счет использования новых видов сырья, не содержащего глютен, относится к актуальным научно-практическим задачам. Решение этих задач позволит оптимизировать подходы к организации питания больных с непереносимостью глютена, повысить комплаентность лечения, улучшить качество жизни пациента и его семьи.

У детей на фоне соблюдения безглютеновой диеты наблюдается дефицит макро- и микронутриентов, поступающих в организм с продуктами на зерновой

основе: калия, селена, магния, а также витаминов группы В. Так же снижается поступление клетчатки, отмечается высокое потребление жиров, возрастает количество углеводов и гидрогенизированных жиров, что увеличивает риск ожирения и возникновения гиперинсулинемии. Недостаток потребления нутриентов, а также нарушения их всасывания напрямую воздействует на степень физического развития ребенка [6–14]. Потребление специализированных продуктов позволяет снизить частоту и степень выраженности дефицитных состояний [7, 10, 13].

В настоящее время в мировой практике существует широкий выбор не содержащих глютен продуктов (gluten free products), в которых в качестве базовых ингредиентов используются безглютеновые злаки, такие как рис, гречиха, кукуруза, просо и амарант [1, 15–18]. Некоторые клинические исследования показывают, что пациенты с целиакией употребляют продукты с содержанием овса без последующих проявлений признаков воспаления кишечника [19]. Однако нет однозначного решения по включению этого злака в ряд безглютеновых. При этом в России продукты с содержанием овса полностью исключены из диеты пациентов с непереносимостью глютена.

Вызывает интерес зарубежный опыт использования амаранта в безглютеновых продуктах для детского питания. Важно отметить, что белок амаранта продемонстрировал отсутствие проявления токсичности у больных целиакией [20].

Амарант интересен высоким содержанием белка 12–23 %. Это значительно выше, чем у большинства других зерновых. Белок амаранта богат незаменимыми аминокислотами: лизином, изолейцином, метионином, треонином, триптофаном, лейцином, содержание которых в несколько раз превышает их количество в пшенице, рисе, овсе и кукурузе. Это делает белок амаранта более полноценным, повышая его аминокислотный скор до 75. Амарант богат полиненасыщенными жирными кислотами, в том числе Омега-6. По сравнению с другими злаковыми культурами в зерне амаранта содержится биотин (54,6 мкг/100г), рибофлавин (2,69 мг/100г), фолацин (82,0 мкг/100г), а также токотриенолы и сквален. Для амаранта, как и для других злаковых культур, характерно высокое содержание таких минеральных веществ, как калий, магний, селен и железо [21–23].

Продукты из зерна амаранта могут внести свой вклад в улучшение качества питания детей с непереносимостью глютена.

носимостью глютена, благодаря своим уникальным питательным и функциональным свойствам.

Объекты и методы исследования

В данном обзоре рассматривались зерновые виды амаранта как то: *A. hypochondriacus* L., *A. cruentus* L. и *A. caudatus* L. Данные виды амаранта были выбраны для рассмотрения, так как объектом для исследований является непосредственно зерновка, а не зелёная масса растения. Кроме того, сорта данных видов возможно приобрести на территории Российской Федерации.

Результаты и их обсуждение

В России нет опыта длительного регулярного использования продуктов из амаранта в диетотерапии детей больных целиакией. Однако исследования, проводимые под эгидой ФГБОУ ВО «Воронежский государственный медицинский университет им. Бурденко» Минздрава России по применению продуктов из амаранта в диетотерапии детей с целиакией и непереносимостью глютена, показали положительные результаты. Больные переносили диету без каких-либо аллергических и диспепсических реакций, наблюдалось улучшение показателей нутритивного статуса пациентов, а также снижение психоэмоционального напряжения благодаря внесению в рацион дополнительного ассортимента продуктов [7].

Последние несколько десятков лет акцент исследований Российских учёных был направлен на выведение сортов с заданными свойствами, изучение механизмов продуктивности и устойчивости к неблагоприятным факторам, борьбу с вредителями, болезнями и сорняками. Установлены перспективы применения анатомических частей амаранта для получения различных продуктов общего, функционального и лечебно-профилактического назначения. Были разработаны технологии переработки зерна амаранта и использование их в хлебопекарном производстве [24–27].

Возрастающую серьёзность проблемы непереносимости глютена подтверждает увеличение работ, посвящённых расширению ассортимента продукции для больных целиакией. Несколько работ, Российских исследователей направлены на создание безглютеновой продукции – разработаны рецептуры полуфабрикатов безглютеновых кексов и оладий с амарантовой мукой [28, 29]. Опираясь на данный опыт, необходимо разработать отсутствующий ассортимент и технологии специализированных безглютеновых кондитерских изделий и смесей для их приготовления, а также каш, супов и других пищевых концентратов с использованием амарантовой муки для питания детей. При этом необходимо учитывать требования к химическому составу продуктов для детского питания, а также показателям их безопасности с учетом метаболических и физиологических процессов соответствующего возрастного периода. До сих пор нет отечественных разработок продукции, в том числе для детей, на основе «взор-

ванного» зерна, аналогичного поп-корну из зерна кукурузы, что также является перспективным направлением для исследований.

Одна из общих задач проводимых исследований состоит в изучении структуры и питательной ценности зерна амаранта, состава и свойств основных нутриентов, а также в изучении технологических свойств зерна и продуктов его переработки. Это позволит разработать инновационные технологии и ассортимент специализированных безглютеновых зерновых смесей из зерна амаранта для питания детей с непереносимостью глютена.

Известно, что зольность напрямую связана с содержанием минеральных веществ. L. Alonso-Miravalles и J. O'Mahony провели исследования по изучению массовой доли золы в цельнозерновой амарантовой муке, а также муке, обогащённой белком из зерна амаранта. Увеличение содержания белка в муке (обогащение) достигалось измельчением и разделением муки на фракции с выделением белковой части и извлечением оболочек. Данные исследования показали, что доля золы в обогащённой амарантовой муке была выше (6,9 %), чем зольность цельнозерновой муки (2,4 %) [30]. Это указывает на то, что в зерне амаранта минеральные вещества также сосредоточены в зародышевой части (рис. 1), что делает их доступными при переработке.

Содержание пищевых волокон в зерне амаранта соответствует значению 11,3 % [30, 31]. Другие авторы сообщают о несколько более высоких значениях содержания клетчатки в зерне амаранта – в диапазоне от 14 % до 16 % [32].

Содержание белка в зерне амаранта варьируется от 13,1 % до 17,4 %, что выше его содержания в других злаковых культурах. Этот факт подтверждают многочисленные мировые исследования [21, 23, 26, 27, 33]. Современные данные сообщают о преимуществах амаранта, с позиции усвояемости белка, сходного по усвояемости с казеином молочного белка и более высоким уровнем лизина по сравнению с другими зерновыми [34].

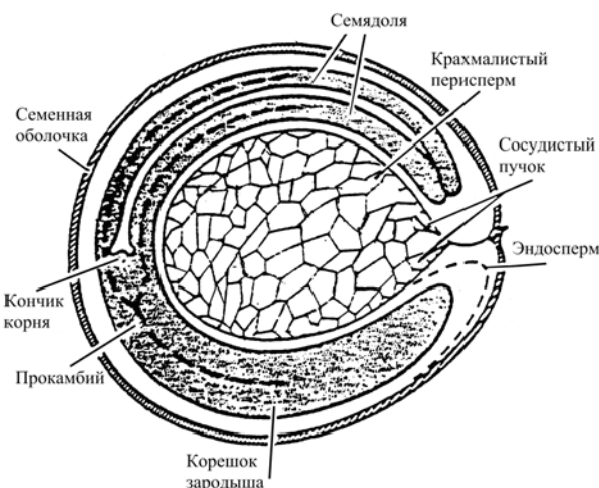


Рисунок 1. Анатомическое строение зерна амаранта

Figure 1. Anatomical structure of amaranth grain

Таблица 1. Усвояемость белка (%) из нативного, обжаренного и взорванного зерна амаранта

Table 1. Digestibility (%) of protein from whole, roasted, and puffed amaranth grains

Сорт амаранта	Способ обработки	Усвояемость белка, %
<i>A. cruentus</i> L.	Без обработки	73,85 ± 2,11
	Обжарка в печи при температуре 200 °С, t = 8 мин	63,34 ± 1,23
	Взорванный; нагрев на газу t = 1–2 мин	52,81 ± 1,34

В исследованиях А. D. Cogea и др. сообщается о высокой усвояемости белков необработанного зерна амаранта *in vitro* 61–76 % [35].

В работе J. H. Muoyonga и В. Andabati показано, что термическая обработка приводит к снижению усвояемости белка (табл. 1) [36].

Данные таблицы согласуется с работой В. Písaříková и др., в которой говорится о снижении перевариваемости белка *in vitro* с 68,1 % до 50,6 % в результате получения взорванного зерна [37]. Снижение усвояемости белка в результате тепловой обработки зерна амаранта может быть объяснено денатурацией белков, образованием соединений между белками и другими компонентами зерна, образованием внутримолекулярных дисульфидных связей и реакцией Майяра [38–40].

Более низкая усвояемость взорванных зёрен, по сравнению с обжаренными, указывает на более выраженные изменения белка. Скорее всего, это связано с температурой, которая была выше при «взрывании» зерна, чем при его обжарке. Все исследования подтвердили, что белки зерна амаранта обладают большей усвояемостью, чем зерно традиционно применяемых злаковых культур. Тепловое воздействие также оказывает влияние на антиоксидантную активность. Взрывание зёрен оказывает большее негативное влияние на перевариваемость белка, в то время как обжарка значительно снижает антиоксидантную активность [36].

Многочисленные зарубежные и отечественные исследования указывают на преобладание глобулинов и альбуминов в зерне амаранта (46–49 %). Это является значимым параметром с технологической точки зрения, т. к. данные фракции белка хорошо растворимы в воде и разбавленных солевых растворах, что может быть преимуществом при разработке пищевых концентратов [21, 23, 26, 27, 31, 41].

Крахмал – главный компонент зерна амаранта. Углеводная часть зерна амаранта содержит от 48 до 69 % крахмала, около 1 % сахарозы, а также очень малые количества фруктозы, глюкозы, раффинозы, стахиозы и мальтозы. На рисунке 2 представлены снимки зерна амаранта и продуктов его переработки, полученные с помощью сканирующей электронной микроскопии. На снимке чётко видны крахмалистый перисперм и зародышевая часть, окружённые оболочкой. Крахмальные гранулы амаранта имеют округлую форму и приблизительный диаметр 2,5–3 мкм. Амарант является одним из немногих источников мелкозернистого крахмала, имеющего стабильный размер гранул [42]. Как и у других зерновых культур гранулы крахмала встроены в матрицу образованную белком, клетчаткой и липидами. Небольшой размер гранул крахмала имеет ряд преимуществ, меняя скорость стабилизации эмульсий, а также меняя их свойства.

При разработке специализированных пищевых продуктов большое влияние имеет значение такой параметр, как вязкость. Вязкость смесей может меняться в зависимости от характеристик и структуры крахмала, а именно от степени повреждения гранул, соотношения амилозы и амилопектина и их структуры. Сообщалось, что содержание амилозы в крахмале амаранта не более 8 %, что намного ниже, чем в традиционных зерновых культурах [43]. Из этого следует, что в продукции из амаранта ожидается более низкая конечная вязкость, чем, например, в продукции из риса, гречихи или кукурузы. Размер гранул крахмала также влияет на температуру образования коллоидных растворов, поэтому более мелкие гранулы амаранта предполагают более низкую температуру клейстеризации.

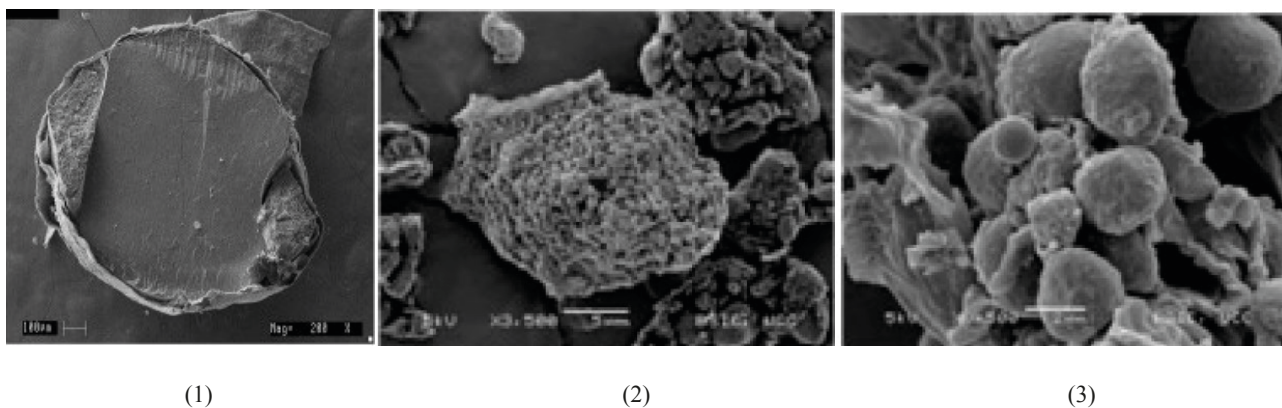


Рисунок 2. Снимки электронного микроскопа [31, 35]: 1 – поперечного среза зерна амаранта; 2, 3 – цельнозерновой муки из зерна амаранта. Увеличение: 1×200; 2×3500; 3×8500. Масштабные линейки: 1 – 100 мкм; 2 – 5 мкм; 3 – 2 мкм

Figure 2. Electron microscope images [31, 35]: 1 – cross-section of amaranth grain; 2, 3 – wholegrain flour from amaranth grain. Magnification: 1×200; 2×3,500; 3× 8,500. Scale bars: 1 – 100 microns; 2 – 5 microns; 3 – 2 microns

Таблица 2. Содержание основных компонентов в зерне амаранта, %

Table 2. Content of the main components in amaranth grain, %

Продукт	Влажность, %	Белки, %	Жиры, %	Углеводы, %	Пищевые волокна, %	Зольность, %
Зерно амаранта	12,0	17,6	7,4	51,7	8,3	2,6

Тепловая обработка крахмала амаранта приводит к его клейстеризации и, следовательно, к изменению вязкости продукта. Результаты показывают, что обжаривание было бы предпочтительным при производстве муки, используемой в качестве загустителя или для низкокалорийной каши. С другой стороны, взорванные зёрна лучше использовать при производстве муки для каш с высоким содержанием питательных веществ [36].

Выводы

Приводя обобщённые данные по содержанию основных нутриентов в нативном зерне амаранта (табл. 2) можно отметить, что амарант как и все злаковые культуры относится к группе крахмалистого сырья, т. к. усвояемые углеводы в основном представлены крахмалом. Относительно других традиционных зерновых культур амарант характеризуется невысоким содержанием пищевых волокон, но по содержанию белка значительно превосходит их. Более того, белок, выделенный из зерна амаранта, близок к идеальному белку ФАО/ВОЗ (1973). По содержанию треонина, фенилаланина, тирозина и триптофана он приравнивается к белку молока [44].

В зерне амаранта отмечается высокий уровень содержания липидов. Анализ жирнокислотного состава липидов показал содержание линолевой (38–48 %), олеиновой (25–35 %), пальмитиновой (19–21 %) и стеариновой (4–5 %) кислот, что составляет около 95 % содержания всех жирных кислот. При этом содержание ненасыщенных жирных кислот составляет 74 % от суммы жирных кислот [10]. В число важнейших компонентов амарантового масла входят токоферолы (Витамин Е) в виде наиболее

биологически активной триенольной формы. По данным ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» общее содержание токоферолов в амарантовом масле может достигать 2 %, что является рекордным уровнем для всех известных растительных масел. Кроме того, масло амаранта содержит сквален, который относится к важнейшим биологически активным соединениям и выполняет в организме роль регулятора липидного и стероидного обмена, являясь предшественником целого ряда стероидных гормонов, холестерина и витамина D. Многочисленные результаты исследований подтверждают, что средняя концентрация сквалена в масле амаранта составляет около 7–8 % (мас./Мас.) по сравнению со средним значением 1 % в оливковом масле [45].

Крайне необходимо расширять и углублять работы по распространению продуктов из амаранта в питании населения страны, а также вести разработку специализированной продукции на его основе, т. к. производимая продукция может стать источником полноценного белка и других биологически ценных соединений [46, 47].

В связи с этим разработка пищевых продуктов с амарантом рассматривается как новое перспективное направление в диетотерапии детей с непереносимостью глютена. Дальнейшие исследования будут посвящены разработке рецептурных композиций безглютеновых зерновых смесей с использованием амаранта и овощных компонентов для питания детей.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Всероссийский консенсус по диагностике и лечению целиакии у детей и взрослых / А. И. Парфенов, И. В. Маев, А. А. Баранов [и др.] // Альманах клинической медицины. – 2016. – Т. 44, № 6. – С. 661–668.
2. Козьмина, Н. П. Биохимия зерна и продуктов его переработки / Н. П. Козьмина. – М. : Колос, 1976. – 374 с.
3. Бельмера, С. В. Детям с целиакией. Гастроэнтерология детского возраста / С. В. Бельмера, А. И. Хавкина. – М. : ИД Медпрактика-М, 2003. – 360 с.
4. The prevalence of celiac disease in the United States / A. Rubio-Tapia, J. F. Ludvigsson, T. L. Brantner [et al.] // American Journal of Gastroenterology. – 2012. – Vol. 107, № 10. – P. 1538–1544. DOI: <https://doi.org/10.1038/ajg.2012.219>.
5. Increased prevalence and mortality in undiagnosed celiac disease / A. Rubio-Tapia, R. A. Kyle, E. L. Kaplan [et al.] // Gastroenterology. – 2009. – Vol. 137, № 1. – P. 88–93. DOI: <https://doi.org/10.1053/j.gastro.2009.03.059>.
6. Тутельяна, В. Я. Питание здорового и больного ребенка: Пособие для врачей / В. Я. Тутельяна, И. Я. Коня, Б. С. Каганова. – М. : Династия, 2010. – 316 с.
7. Эффективность продуктов из амаранта в безглютеновом питании детей с непереносимостью глютена И. А. Бавыкина, А. А. Звягин, Л. А. Мирошниченко [и др.] // Вопросы питания. – 2017. – Т. 86, № 2. – С. 91–99. DOI: <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2017-00038>.
8. Evidence of high sugar intake, and low fibre and mineral intake, in the gluten-free diet / D. Wild, G. G. Robins, V. J. Burley [et al.] // Alimentary Pharmacology and Therapeutics. – 2010. – Vol. 32, № 4. – P. 573–581. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2036.2010.04386.x>.

9. Patients with celiac disease reported higher consumption of added sugar and total fat than healthy individuals / N. Babio, M. Alcázar, G. Castillejo [et al.] // Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition. – 2017. – Vol. 64, № 1. – P. 63–69. DOI: <https://doi.org/10.1097/MPG.0000000000001251>.
10. Dietary shortcomings in children on a gluten-free diet / K. Öhlund, C. Olsson, O. Hernell [et al.] // Journal of Human Nutrition and Dietetics. – 2010. – Vol. 23, № 3. – P. 294–300. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-277X.2010.01060.x>.
11. High fat consumption in children with celiac disease / P. Ferrara, M. Cicala, E. Tiberi [et al.] // Acta Gastro-Enterologica Belgica. – 2009. – Vol. 72, № 3. – P. 296–300.
12. Shepherd, S. J. Nutritional inadequacies of the gluten-free diet in both recently-diagnosed and long-term patients with coeliac disease / S. J. Shepherd, P. R. Gibson // Journal of Human Nutrition and Dietetics. – 2013. – Vol. 26, № 4. – P. 349–358. DOI: <https://doi.org/10.1111/jhn.12018>.
13. Evidence of poor vitamin status in coeliac patients on a gluten-free diet for 10 years / C. Hallert, C. Grant, S. Grehn [et al.] // Alimentary Pharmacology and Therapeutics. – 2002. – Vol. 16, № 7. – P. 1333–1339. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1365-2036.2002.01283.x>.
14. Gluten-free diet survey: Are Americans with coeliac disease consuming recommended amounts of fibre, iron, calcium and grain foods? / T. Thompson, M. Dennis, L. A. Higgins [et al.] // Journal of Human Nutrition and Dietetics. – 2005. – Vol. 18, № 3. – P. 163–169. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-277X.2005.00607.x>.
15. Бельмер, С. В. Эпидемиология целиакии: факты и выводы / С. В. Бельмер // Лечащий врач. – 2013. – № 1. – С. 16–19.
16. The Spectrum of Differences between Childhood and Adulthood Celiac Disease / R. Ciccocioppo, P. Kruzliak, G. C. Cangemi [et al.] // Nutrients. – 2015. – Vol. 7, № 10. – P. 8733–8751. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu7105426>.
17. Журавская, Н. В. Целиакия у детей / Н. В. Журавская, А. И. Петрова, Н. В. Туркина // Медицинская сестра. – 2005. – № 5. – С. 4–7.
18. A UK study assessing the population prevalence of self-reported gluten sensitivity and referral characteristics to secondary care / I. Aziz, N. R. Lewis, M. Hadjivassiliou [et al.] // European Journal of Gastroenterology and Hepatology. – 2014. – Vol. 26, № 1. – P. 33–39. DOI: <https://doi.org/10.1097/01.meg.0000435546.87251.f7>.
19. Introduction of oats in the diet of individuals with coeliac disease: A systematic review / O. Pulido, Z. Gillespie, M. Zarkadas [et al.] // Advances in Food and Nutrition Research. – 2009. – Vol. 57. – P. 235–285. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1043-4526\(09\)57006-4](https://doi.org/10.1016/S1043-4526(09)57006-4).
20. Immunological evaluation of the alcohol-soluble protein fraction from gluten-free grains in relation to celiac disease / P. Bergamo, F. Maurano, G. Mazzarella [et al.] // Molecular Nutrition and Food Research. – 2011. – Vol. 55, № 8. – P. 1266–1270. DOI: <https://doi.org/10.1002/mnfr.201100132>.
21. Высочина, Г. И. Амарант (*Amaranthus L.*): химический состав и перспективы использования (обзор) / Г. И. Высочина // Химия растительного сырья. – 2013. – № 2. – С. 5–14. DOI: <https://doi.org/10.14258/jcprm.1302005>.
22. Кононков, П. Ф. Амарант – перспективная культура XXI века / П. Ф. Кононков, В. К. Гинс, М. С. Гинс. – М.: Российский университет дружбы народов, 1999. – 296 с.
23. Joshi, B. D. Grain amaranthus: The future food crop / B. D. Joshi, R. S. Rana. – 1999. – P. 152.
24. Парада Дорота. Применение амаранта и продуктов его переработки в технологии хлебопекарного производства: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.01 / Дорота Парада. – М., 1991. – 203 с.
25. Писковец, В. В. Разработка технологии мучных кондитерских изделий с применением амарантовой муки: дис. ... канд. техн. наук. – М., 1994. – 193 с.
26. Использование амарантовой муки в составе комплексных хлебопекарных улучшителей / Н. А. Шмалько, Н. В. Киселева, Ю. Ф. Росляков [и др.] // Современное состояние и перспективы развития пищевой промышленности и общественного питания / Юж.-Урал. Гос. ун-т. – Челябинск, 2010. – Т. 1. – С. 150–152. Шифр 10-6651 // Пищевая и перерабатывающая промышленность. Реферативный журнал. – 2012. – № 1. – С. 68.
27. Пучкова, Л. И. Оценка качества и хлебопекарных свойств муки из семян амаранта разного вида / Л. И. Пучкова, Е. М. Мельников, С. П. Токарева. – М.: МГАПП, 1993. – 9 с.
28. Егорова, Е. Ю. Разработка пищевого концентрата – полуфабриката безглютеновых кексов с амарантовой мукой / Е. Ю. Егорова, И. Ю. Резниченко // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 2. – С. 36–45. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-2-36-45>.
29. Резниченко, И. Ю. Обоснование применения амарантовой и кунжутной муки для разработки мучных изделий специализированного назначения / И. Ю. Резниченко, Е. Ю. Егорова // Научные труды Северо-кавказского федерального научного центра садоводства, виноградарства, виноделия. – 2018. – Т. 20. – С. 164–171. DOI: <https://doi.org/10.30679/2587-9847-2018-20-164-171>.
30. Alonso-Miravalles, L. Composition, Protein Profile and Rheological Properties of Pseudocereals-Based Protein-Rich Ingredients / L. Alonso-Miravalles, J. A. O'Mahony // Foods. – 2018. – Vol. 7, № 5. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods7050073>.
31. Characterisation of nutrient profile of quinoa (*Chenopodium quinoa*), amaranth (*Amaranthus caudatus*), and purple corn (*Zea mays L.*) consumed in the North of Argentina: Proximates, minerals and trace elements / A. C. Nascimento, C. Mota, I. Coelho [et al.] // Food Chemistry. – 2014. – Vol. 148. – P. 420–426. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.09.155>.
32. Dietary fiber and other functional components in two varieties of crude and extruded kiwicha (*Amaranthus caudatus*) // R. Repo-Carrasco, J. Pena, H. Kallio [et al.] // Journal of Cereal Science. – 2009. – Vol. 49, № 2. – P. 219–224. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2008.10.003>.

33. Protein content and amino acids profile of pseudocereals / C. Mota, M. Santos, R. Mauro [et al.] // Food Chemistry. – 2016. – Vol. 193. – P. 55–61. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.11.043>.
34. Navruz-Varli, S. Nutritional and health benefits of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) / S. Navruz-Varli, N. Sanlier // Journal of Cereal Science. – 2016. – Vol. 69. – P. 371–376. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2016.05.004>.
35. Correa, A. D. Chemical constituents, in vitro protein digestibility, and presence of antinutritional substances in amaranth grains / A. D. Correa, L. Jokl, R. Carlsson // Archivos Latinoamericanos de Nutricion. – 1986. – Vol. 36, № 2. – P. 319–326.
36. Muyonga, J. H. Effect of heat processing on selected grain amaranth physicochemical properties / J. H. Muyonga, B. Andabati, G. Ssepuuya // Food Science & Nutrition. – 2013. – Vol. 2, № 1. – P. 9–16. DOI: <https://doi.org/10.1002/fsn3.75>.
37. Nutritional value of amaranth (genus *Amaranthus* L.) grain in diets for broiler chicken / B. Písaříková, Z. Zralý, S. Kráčmar [et al.] // Czech Journal of Animal Science. – 2005. – Vol. 50. – P. 568–573.
38. Mechanisms of heat damage in proteins. 7. The significance lysine-containing isopeptides and of lanthionine in heated proteins / R. F. Hurrell, K. J. Carpenter, W. J. Sinclair [et al.] // British Journal of Nutrition. – 1976. – Vol. 35, № 3. – P. 383–395. DOI: <https://doi.org/10.1079/BJN19760044>.
39. A multienzyme technique for estimating protein digestibility / H. W. Hsu, D. L. Vavak, L. D. Satterlee [et al.] // Journal of Food Science. – 1977. – Vol. 42, № 5. – P. 1269–1273. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1977.tb14476.x>.
40. Nutritional assessment of two vegetable protein concentrates in growing rats / T. Nestares, M. Lopez-Jurado, A. Sanz [et al.] // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 1993. – Vol. 41, № 8. – P. 1282–1286. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf00032a022>.
41. Immunological evaluation of the alcohol-soluble protein fraction from gluten-free grains in relation to celiac disease / P. Bergamo, F. Maurano, G. Mazzarella [et al.] // Molecular Nutrition and Food Research. – 2011. – Vol. 55, № 8. – P. 1266–1270. DOI: <https://doi.org/10.1002/mnfr.201100132>.
42. Venskutonis, P. R. Nutritional components of amaranth seeds and vegetables: A review on composition, properties, and uses / P. R. Venskutonis, P. Kraujalis // Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. – 2013. – Vol. 12, № 4. – P. 381–412. DOI: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12021>.
43. Lindeboom, N. Analytical, biochemical and physicochemical aspects of starch granule size, with emphasis on small granule starches: A review / N. Lindeboom, P. R. Chang, R. T. Tyler // Starch/Staerke. – 2004. – Vol. 56, № 3–4. – P. 89–99. DOI: <https://doi.org/10.1002/star.200300218>.
44. Composition and protein nutritional quality of quinoa / G. S. Ranhotra, J. A. Gelroth, B. K. Glaser [et al.] // Cereal Chemistry. – 1993. – Vol. 70. – P. 303–305.
45. Grain amaranth as an alternative and perspective crop in temperate climate / S. G. Mlakar, M. Turinek, M. Jakop [et al.] // Journal for Geography. – 2010. – Vol. 5, № 1. – P. 135–145.
46. Смирнов, С. О. Научно – практические основы комплексной переработки зерна амаранта / С. О. Смирнов, С. А. Урубков, А. С. Дронов // Хранение и переработка зерна. – 2015. – Т. 191, № 2. – С. 39–43.
47. Grain-based products for baby food / S. A. Urubkov, S. S. Khovanskaya, N. V. Dremina [et al.] // Вопросы детской диетологии. – 2018. – Т. 16, № 4. – С. 67–72. DOI: <https://doi.org/10.20953/1727-5784-2018-4-67-72>.

References


1. Parfenov AI, Maev IV, Baranov AA, Bakulin IG, Sabel'nikova EA, Krums LM, et al. The Russian consensus on diagnosis and treatment of coeliac disease in children and adults. Almanac of Clinical Medicine. 2016;44(6):661–668. (In Russ.)
2. Koz'mina NP. Biokhimiya zerna i produktov ego pererabotki [Biochemistry of grain and its products]. Moscow: Kolos; 1976. 374 p. (In Russ.)
3. Bel'mera SV, Khavkina AI. Detyam s tseliakiey. Gastroehnterologiya detskogo vozrasta [For children with celiac disease. Gastroenterology of children]. Moscow: Medpraktika-M; 2003. 360 p. (In Russ.)
4. Rubio-Tapia A, Ludvigsson JF, Brantner TL, Murray JA, Everhart JE. The prevalence of celiac disease in the United States. American Journal of Gastroenterology. 2012;107(10):1538–1544. DOI: <https://doi.org/10.1038/ajg.2012.219>.
5. Rubio-Tapia A, Kyle RA, Kaplan EL, Johnson DR, Page W, Erdtmann F, et al. Increased prevalence and mortality in undiagnosed celiac disease. Gastroenterology. 2009;137(1):88–93. DOI: <https://doi.org/10.1053/j.gastro.2009.03.059>.
6. Tutel'yana VYa, Konya IYa, Kaganova BS. Pitaniye zdorovogo i bol'nogo rebenka: Posobie dlya vrachey [Nutrition of a healthy and sick child: Manual for doctors]. Moscow: Dynastia; 2010. 316 p. (In Russ.)
7. Bavykina IA, Zvyagin AA, Miroshnichenko LA, Gusev KYu, Zharkova IM. Efficient products from amaranth in a gluten-free nutrition of children with gluten intolerance. Problems of Nutrition. 2017;86(2):91–99. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2017-00038>.
8. Wild D, Robins GG, Burley VJ, Howdle PD. Evidence of high sugar intake, and low fibre and mineral intake, in the gluten-free diet. Alimentary Pharmacology and Therapeutics. 2010;32(4):573–581. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2036.2010.04386.x>.
9. Babio N, Alcázar M, Castillejo G, Recasens M, Martínez-Cerezo F, Gutiérrez-Pensado V, et al. Patients with celiac disease reported higher consumption of added sugar and total fat than healthy individuals. Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition. 2017;64(1):63–69. DOI: <https://doi.org/10.1097/MPG.0000000000001251>.
10. Öhlund K, Olsson C, Hernell O, Öhlund I. Dietary shortcomings in children on a gluten-free diet. Journal of Human Nutrition and Dietetics. 2010;23(3):294–300. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-277X.2010.01060.x>.

11. Ferrara P, Cicala M, Tiberi E, Spadaccio C, Marcella L, Gatto A, et al. High fat consumption in children with celiac disease. *Acta Gastro-Enterologica Belgica*. 2009;72(3):296–300.
12. Shepherd SJ, Gibson PR. Nutritional inadequacies of the gluten-free diet in both recently-diagnosed and long-term patients with coeliac disease. *Journal of Human Nutrition and Dietetics*. 2013;26(4):349–358. DOI: <https://doi.org/10.1111/jhn.12018>.
13. Hallert C, Grant C, Grehn S, Grännö C, Hultén S, Midhagen G, et al. Evidence of poor vitamin status in coeliac patients on a gluten-free diet for 10 years. *Alimentary Pharmacology and Therapeutics*. 2002;16(7):1333–1339. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1365-2036.2002.01283.x>.
14. Thompson T, Dennis M, Higgins LA, Lee AR, Sharrett MK. Gluten-free diet survey: Are Americans with coeliac disease consuming recommended amounts of fibre, iron, calcium and grain foods? *Journal of Human Nutrition and Dietetics*. 2005;18(3):163–169. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-277X.2005.00607.x>.
15. Bel'mer SV. Ehpideologiya tseliakii: fakty i vyvody [Epidemiology of celiac disease: facts and conclusions]. *Lechaschi Vrach*. 2013;(1):16–19. (In Russ.).
16. Ciccocioppo R, Kruzliak P, Cangemi GC, Pohanka M, Betti E, Laurent E, et al. The Spectrum of Differences between Childhood and Adulthood Celiac Disease. *Nutrients*. 2015;7(10):8733–8751. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu7105426>.
17. Zhuravskaya NV, Petrova AI, Turkina NV. Tseliakiya u detey [Celiac disease in children]. *Meditsinskaya sestra*. 2005;(6):4–6. (In Russ.).
18. Aziz I, Lewis NR, Hadjivassiliou M, Winfield SN, Rugg N, Kelsall A, et al. A UK study assessing the population prevalence of self-reported gluten sensitivity and referral characteristics to secondary care. *European Journal of Gastroenterology and Hepatology*. 2014;26(1):33–39. DOI: <https://doi.org/10.1097/01.meg.0000435546.87251.f7>.
19. Pulido O, Gillespie Z, Zarkadas M, Dubois S, Vavasour E, Rashid M, et al. Introduction of oats in the diet of individuals with coeliac disease: A systematic review. *Advances in Food and Nutrition Research*. 2009;57:235–285. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1043-4526\(09\)57006-4](https://doi.org/10.1016/S1043-4526(09)57006-4).
20. Bergamo P, Maurano F, Mazzarella G, Iaquinto G, Vocca I, Rivelli AR, et al. Immunological evaluation of the alcohol-soluble protein fraction from gluten-free grains in relation to celiac disease. *Molecular Nutrition and Food Research*. 2011;55(8):1266–1270. DOI: <https://doi.org/10.1002/mnfr.201100132>.
21. Vysochina GI. Amaranth (*Amaranthus* L.): chemical composition and prospects of using (review). *Khimija Rastitel'nogo Syr'ja*. 2013;(2):5–14. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.14258/jcprn.1302005>.
22. Kononkov PF, Gins VK, Gins MS. Amaranth – perspektivnaya kul'tura XXI veka [Amaranth as a prospective culture of the XXI century]. Moscow: Peoples' Friendship University of Russia; 1999. 296 p. (In Russ.).
23. Joshi BD, Rana RS. Grain amaranthus: The future food crop. 1999. 152 p.
24. Parada Dorota. Primenenie amaranta i produktov ego pererabotki v tekhnologii khlebopekarnogo proizvodstva [The use of amaranth and its products in the technology of bakery production]. Cand. eng. sci. diss. Moscow: Moscow State University of Food Production; 1991. 203 p.
25. Piskovets VV. Razrabotka tekhnologii muchnykh konditerskikh izdeliy s primeneniem amarantovoy muki [Development of flour confectionery technology with amaranth flour]. Cand. eng. sci. diss. Moscow, 1994. 193 p.
26. Shmal'ko NA, Kiseleva NV, Roslyakov YuF, Romashko NL. Ispol'zovanie amarantovoy muki v sostave kompleksnykh khlebopekarnykh uluchshiteley // Sovremennoe sostoyanie i perspektivy razvitiya pishchevoy promyshlennosti i obshchestvennogo pitaniya / Yuzh.-Ural. Gos. un-t. – Chelyabinsk, 2010. – T. 1. – S. 150–152. Shifr 10-6651 [The use of amaranth flour in the composition of complex baking improvers // Current State and Prospects for the Development of the Food and Catering Industry / South-Ural State University off Chelyabinsk, 2010. – Vol. 1. – P. 150–152. Code 10-6651]. *Food and processing industry. Abstract journal*. 2012;(1):68. (In Russ.).
27. Puchkova LI, Mel'nikov EM, Tokareva SP. Otsenka kachestva i khlebopekarnykh svoystv muki iz semyan amaranta raznogo vida [Quality assessment and baking properties of flour from amaranth seeds of various types]. Moscow: Moscow University of Food Production; 1993. 9 p. (In Russ.).
28. Egorova EYu, Reznichenko IYu. Development of food concentrate – semi-finished product with amaranth flour for gluten-free cupcakes. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2018;48(2):36–45. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-2-36-45>.
29. Reznichenko IYu, Egorova EYu. Reasons for the use of amaranth and sesame flour for the development of flour products for specialized purposes. *Nauchnye trudy Severo-kavkazskogo federal'nogo nauchnogo tsentra sadovodstva, vinogradarstva, vinodeliya* [Proceedings of the North Caucasus Federal Scientific Center for Horticulture, Viticulture, and Winemaking]. 2018;20:164–171. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30679/2587-9847-2018-20-164-171>.
30. Alonso-Miravalles L, O'Mahony JA. Composition, Protein Profile and Rheological Properties of Pseudocereal-Based Protein-Rich Ingredients. *Foods*. 2018;7(5). DOI: <https://doi.org/10.3390/foods7050073>.
31. Nascimento AC, Mota C, Coelho I, Gueifao S, Mariana S, Matos AS, et al. Characterisation of nutrient profile of quinoa (*Chenopodium quinoa*), amaranth (*Amaranthus caudatus*), and purple corn (*Zea mays* L.) consumed in the North of Argentina: Proximates, minerals and trace elements. *Food Chemistry*. 2014;148:420–426. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.09.155>.
32. Repo-Carrasco R, Pena J, Kallio H, Salminen S. Dietary fiber and other functional components in two varieties of crude and extruded kiwicha (*Amaranthus caudatus*). *Journal of Cereal Science*. 2009;49(2):219–224. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2008.10.003>.

33. Mota C, Santos M, Mauro R, Samman N, Matos AS, Torres D, et al. Protein content and amino acids profile of pseudocereals. *Food Chemistry*. 2016;193:55–61. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.11.043>.
34. Navruz-Varli S, Sanlier N. Nutritional and health benefits of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Journal of Cereal Science*. 2016;69:371–376. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2016.05.004>.
35. Correa AD, Jokl L, Carlsson R. Chemical constituents, in vitro protein digestibility, and presence of antinutritional substances in amaranth grains. *Archivos Latinoamericanos de Nutricion*. 1986;36(2):319–326.
36. Muyonga JH, Andabati B, Ssepuyya G. Effect of heat processing on selected grain amaranth physicochemical properties. *Food Science & Nutrition*. 2013;2(1):9–16. DOI: <https://doi.org/10.1002/fsn3.75>.
37. Písařiková B, Zralý Z, Kráčmar S, Trčková M, Herzig I. Nutritional value of amaranth (genus *Amaranthus* L.) grain in diets for broiler chicken. *Czech Journal of Animal Science*. 2005;50:568–573.
38. Hurrell RF, Carpenter KJ, Sinclair WJ, Otterburn MS, Asquith RS. Mechanisms of heat damage in proteins. 7. The significance lysine-containing isopeptides and of lanthionine in heated proteins. *British Journal of Nutrition*. 1976;35(3):383–395. DOI: <https://doi.org/10.1079/BJN19760044>.
39. Hsu HW, Vavak DL, Satterlee LD, Miller GA. A multienzyme technique for estimating protein digestibility. *Journal of Food Science*. 1977;42(5):1269–1273. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1977.tb14476.x>.
40. Nestares T, Lopez-Jurado M, Sanz A, Lopez-Frias M. Nutritional assessment of two vegetable protein concentrates in growing rats. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 1993;41(8):1282–1286. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf00032a022>.
41. Bergamo P, Maurano F, Mazzarella G, Iaquinto G, Vocca I, Rivelli AR, et al. Immunological evaluation of the alcohol-soluble protein fraction from gluten-free grains in relation to celiac disease. *Molecular Nutrition and Food Research*. 2011;55(8):1266–1270. DOI: <https://doi.org/10.1002/mnfr.201100132>.
42. Venskutonis PR, Kraujalis P. Nutritional components of amaranth seeds and vegetables: A review on composition, properties, and uses. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2013;12(4):381–412. DOI: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12021>.
43. Lindeboom N, Chang PR, Tyler RT. Analytical, biochemical and physicochemical aspects of starch granule size, with emphasis on small granule starches: A review. *Starch/Staerke*. 2004;56(3–4):89–99. DOI: <https://doi.org/10.1002/star.200300218>.
44. Ranhotra GS, Gelroth JA, Glaser BK, Lorenz KJ, Johnson DL. Composition and protein nutritional quality of quinoa. *Cereal Chemistry*. 1993;70:303–305.
45. Mlakar SG, Turinek M, Jakop M, Bavec M, Bavec F. Grain amaranth as an alternative and perspective crop in temperate climate. *Journal for Geography*. 2010;5(1):135–145.
46. Smirnov SO, Urubkov SA, Dronov AS. Nauchno – prakticheskie osnovy kompleksnoy pererabotki zerna amaranta [Scientific and practical foundations for complex processing of amaranth grain]. *Grain storage and processing*. 2015;191(2):39–43. (In Russ.).
47. Urubkov SA, Khovanskaya SS, Dremina NV, Smirnov SO. Grain-based products for baby food. *Clinical Practice in Pediatrics*. 2018;16(4):67–72. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.20953/1727-5784-2018-4-67-72>.

Сведения об авторах

Урубков Сергей Александрович

канд. техн. наук, старший научный сотрудник отдела детского и диетического питания, «НИИ ПП и СПТ» – филиал ФГБУН «ФИЦ питания, биотехнологии и безопасности пищи», 142718, Россия, Московская область, Ленинский район, пос. Измайлово, 22, тел.: +7(495) 383-58-74, e-mail: glen.vniiz@gmail.com
 <https://orcid.org/0000-0002-2292-8649>

Хованская Светлана Сергеевна


канд. техн. наук, заведующая отделом детского и диетического питания, «НИИ ПП и СПТ» – филиал ФГБУН «ФИЦ питания, биотехнологии и безопасности пищи», 142718, Россия, Московская область, Ленинский район, пос. Измайлово, 22, тел.: +7(495) 383-58-74, e-mail: khosveserg@yandex.ru

Смирнов Станислав Олегович

канд. техн. наук, заместитель директора по научной работе, «НИИ ПП и СПТ» – филиал ФГБУН «ФИЦ питания, биотехнологии и безопасности пищи», 142718, Россия, Московская область, Ленинский район, пос. Измайлово, 22, тел.: +7 (495) 383-58-74, e-mail: sts_76@bk.ru

Information about the authors

Sergey A. Urubkov

Cand.Sci.(Eng.), Senior research of the Department of children's and dietary nutrition, 'NII PP I SPT' – branch of FGBUN 'FRC of Nutrition and Biotechnology', 22, Izmailovo settlement, Leninsky district, Moscow region, 142718, Russia, phone: +7 (495) 383-58-74, e-mail: glen.vniiz@gmail.com
 <https://orcid.org/0000-0002-2292-8649>

Svetlana S. Khovanskaya

Cand.Sci.(Eng.), Head of the Department of children's and dietary nutrition, 'NII PP I SPT' – branch of FGBUN 'FRC of Nutrition and Biotechnology', 22, Izmailovo settlement, Leninsky district, Moscow region, 142718, Russia, phone: +7 (495) 383-58-74, e-mail: khosveserg@yandex.ru

Stanislav O. Smirnov

Cand.Sci.(Eng.), Deputy Director for Scientific Work, 'NII PP I SPT' – branch of FGBUN 'FRC of Nutrition and Biotechnology', 22, Izmailovo settlement, Leninsky district, Moscow region, 142718, Russia, phone: +7 (495) 383-58-74, e-mail: sts_76@bk.ru

Биомодификация коллагенсодержащих субпродуктов методом ферментативного гидролиза

Т. М. Гиро*, С. С. Зубов, А. В. Яшин, А. В. Гиро, В. А. Преображенский

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет им. Н. И. Вавилова»,
Дата поступления в редакцию: 26.03.2019 410012, Россия, г. Саратов, Театральная площадь, 1
Дата принятия в печать: 21.06.2019

*e-mail: girotm@sgau.ru



© Т. М. Гиро, С. С. Зубов, А. В. Яшин, А. В. Гиро, В. А. Преображенский, 2019

Аннотация. Переработка малоценных субпродуктов в совокупности с биотехнологическими способами обработки, является оптимальным решением проблемы рационального использования вторичного сырья. С целью нивелирования специфического запаха, сокращения времени термообработки, повышения гидрофильности и снижения механической прочности бараньего рубца, авторами предложен способ его биотрансформации в присутствии молочной сыворотки и ферментного препарата протеолитического действия с последующим массажем. Выявлено, что ферментативное воздействие на соединительную ткань рубца способствует разрушению дисульфидных и водородных связей тройной спирали макромолекулы коллагена, существенно снижает механическую прочность и гидротермическую устойчивость коллагена, что сокращает время термообработки, повышает функционально-технологические свойства. Предложенный способ биотрансформации коллагенсодержащего сырья позволяет создавать экологичные и малоотходные технологии, включить в производственный процесс вторичные продукты убоя, производить продукты функциональной направленности.

Ключевые слова. Коллагенсодержащее сырье, ферментные препараты, биотрансформация, молочная сыворотка, функциональные продукты

Для цитирования: Биомодификация коллагенсодержащих субпродуктов методом ферментативного гидролиза / Т. М. Гиро, С. С. Зубов, А. В. Яшин [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2019. – Т. 49, № 2. – С. 262–269. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-2-262-269>.

Original article

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

Biomodification of Collagen-Containing By-Products by Enzymatic Hydrolysis

T.M. Giro*, S.S. Zybov, A.V. Yashin, A.V. Giro, V.A. Preobrazhensky

Received: March 26, 2019
Accepted: June 21, 2019

Vavilov Saratov State Agrarian University,
1, Teatralnaya square, Saratov, 410012, Russia

*e-mail: girotm@sgau.ru



© T.M. Giro, S.S. Zybov, A.V. Yashin, A.V. Giro, V.A. Preobrazhensky, 2019

Abstract. Low-value by-products can be processed using biotechnological methods, which seems to be the optimal solution for the problem of rational use of secondary raw materials. The authors introduce a method of biotransformation using whey and enzyme preparation of proteolytic action with subsequent massaging. The method neutralizes the specific smell, reduces the time of heat treatment, increases hydrophilicity, and reduces the mechanical strength of mutton rumen tissue. The experiment proved that the enzymatic effect on the connective tissue of the mutton rumen contributes to the destruction of disulfide and hydrogen bonds of the triple helix of the collagen macromolecule. It significantly reduces the mechanical strength and hydrothermal stability of collagen, which, in its turn, reduces the heat treatment time while increasing the functional and technological properties. The research revealed an increase in collagen digestibility. After 4 hours of fermentation, it was 4.5%, after 6 hours – 5.9%, and after 8 hours – 5.9%. Hence, the optimal period of fermentation was determined as 6 hours, since between 6 and 8 hours the main physical and chemical parameters improved insignificantly. The experiment in the cutting pressure of the raw lamb rumen tissue demonstrated softening of the structure as a result of the effect of the acidic medium on the collagen structure. An excess positive charge formed due to the suppression of dissociation of carboxyl groups of side chains. The loosening of the collagen structure occurred due to the expansion of fibrils in the polar areas, which can be attributed to the repulsion between similarly charged groups. As a result, the brine penetrated into the expanded area and caused swelling. The use of whey and fermentation contributed to an additional increase in moisture-binding and moisture-holding capacity. It loosened the structure of proteins and, thus, increased the degree of penetration and the immobilized moisture in the rumen. As a result, its mass increased by 10–20%, and the heat loss reduced. The composition of the brine contributed to the swelling, increased the diameter of the collagen fibers, and enlarged the surface of interaction in

during massaging. Moisture was allowed to enter freely, which increased the water binding capacity by $22.2 \pm 0.31\%$. The increase in the water binding capacity could be explained by the modification of collagen and its destructive changes. The changes occurred due to the additional interaction of whey molecules with the protein and the formation of new intermolecular bonds. Fermentation, combined with the massaging of the tripe, contributed to the development of lactic microflora and hydrolytic decomposition of protein components, thereby reducing the heat treatment process. Such changes are associated not only with the processes of protein hydrolysis under enzyme preparation, but also with the complex activity of lactic acid bacteria, as well as endo- and exoenzymes that hydrolyze proteins. The changes can also be attributed to the fact that low-molecular protein substances can assimilate and contribute to bacterial growth. In addition, lactic acid reduces the pH of the medium, thus activating the enzymatic properties. The proposed method of biotransformation of collagen-containing raw materials makes it possible to create environmentally friendly and low-waste technologies.

Keywords. Collagen-containing raw materials, enzyme preparations, biotransformation, whey, functional products

For citation: Giro TM, Zybov SS, Yashin AV, Giro AV, Preobrazhensky VA. Biomodification of Collagen-Containing By-Products by Enzymatic Hydrolysis. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2019;49(2):262–269. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-2-262-269>.

Введение

Эффективным способом, обеспечивающим защиту окружающей среды от загрязнений при убое и переработке скота, является широкое внедрение ресурсосберегающих технологий, предусматривающих полную переработку вторичного сырья, обеспечивающих интенсификацию производственных процессов и высокую экономическую эффективность.

Малоценные продукты убоя скота являются превосходным источником дополнительного белка, имеют рациональный пищевой профиль, содержат биологически активные и жизненно важные минеральные вещества, обладают специфическими лечебными и профилактическими свойствами. Поэтому их переработка в совокупности с биотехнологическими способами может стать оптимальным решением проблемы производства специализированных продуктов диетического питания [1, 4].

Коллаген обладает рядом позитивных биологических и функциональных свойств (высокая влагосвязывающая способность, влагоудерживающая и текстурообразующая способности), позволяющих использовать его в различных пищевых системах. Коллаген, содержащийся в субпродуктах II категории, выполняет функцию пищевых волокон, которые регулируют метаболические процессы в организме. Продукты с высоким содержанием соединительной ткани отличаются низкой энергетической ценностью. Клейдающие вещества (глютин, желатин) активнее действует на пищеварение, оказывают благоприятное действие на состояние и функции полезной микрофлоры кишечника. Доказано, что при правильном подборе белоксодержащих ингредиентов мясные продукты могут содержать до 30 % коллагена от общего количества белка без существенного ущерба для биологической ценности их белковой системы [5, 6].

Учитывая постоянно возрастающую стоимость мясного сырья, переработка субпродуктов II категории в совокупности с биотехнологическими способами их обработки является оптимальным решением проблемы рационального использования побочного сырья и реальным способом обеспечения населения полноценными продуктами с нутриентно-адекватным уровнем макро- и микронутриентов.

Биотрансформация коллагенсодержащего сырья с использованием рассола на основе молочной сыворотки и ферментных препаратов является эффективным методом, значительно повышающим его биодоступность организму человека.

Вторичные продукты убоя сельскохозяйственных животных являются источником белков, в частности коллагена, пептидов и аминокислот. Ферментативная обработка коллагенсодержащего сырья позволяет получить пептиды и свободные аминокислоты, а также обеспечивает более мягкие условия протекания процесса по сравнению с другими видами гидролиза. Использование ферментов повышает скорость технологических процессов, ощутимо увеличивает выход готовой продукции, улучшает ее качество, экономит ценное сырье и снижает количество отходов [7–10].

Целью исследований является разработка метода биомодификации коллагенсодержащего сырья ферментативным гидролизом для использования соединительнотканых компонентов в производстве пищевых продуктов, решения проблемы дефицита животного белка, повышения рентабельности предприятий, обеспечения внутреннего рынка функциональными продуктами отечественного производства.

Объекты и методы исследования

Объектами исследования являлись коллагенсодержащие субпродукты, ферментный препарат протеолитического действия, деминерализованная подсырная сыворотка «Пугачевская» (ТУ 9223-002-89334231-2012), полученная на ООО «Пугачевские молочные продукты» (Саратовская область, г. Пугачев).

Исследования влияния ферментативной обработки на качество коллагенсодержащего сырья проводили на бараньем рубце мелкого рогатого скота. Выбор рубца в качестве объектов исследований проведен с учетом его значительных ресурсов, однородности химического состава, а также в связи с незначительным его использованием и неудовлетворительными функционально-технологическими и органолептическими свойствами.

Мышечный слой бараньего рубца более развит, чем в остальных отделах желудка. Кроме того, содержание полноценных белков в нем составляет около 58 %, что говорит о привлекательности этого вида сырья для пищевых целей.

Таблица 1. Влияние продолжительности гидролиза на физико-химические показатели бараньего рубца

Table 1. Effect of hydrolysis time on the physico-chemical characteristics of lamb rumen

Показатели	Продолжительность гидролиза рубца				
	0 ч (контроль)	4 ч	6 ч	8 ч	12 ч
Влага, %	78,41 ± 3,06	77,12 ± 3,11	78,15 ± 3,41	79,4 ± 4,01	78,12 ± 3,07
Белок, %	11,4 ± 0,53	11,3 ± 0,51	12,0 ± 0,65	12,1 ± 0,56	12,9 ± 0,63
Оксипролин, %	0,252 ± 0,01	0,223 ± 0,01	0,260 ± 0,01	0,267 ± 0,01	0,288 ± 0,01
Развариваемость коллагена, %	94,4 ± 4,72	98,6 ± 4,93	99,8 ± 4,94	100,0 ± 5,00	100,0 ± 5,00
pH	7,12 ± 0,36	7,01 ± 0,35	7,03 ± 0,33	6,94 ± 0,35	7,30 ± 0,37

Экспериментальные исследования проводили на кафедре технологии производства и переработки продукции животноводства ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ и в лаборатории гигиены производства и микробиологии Федерального научного центра пищевых систем им. В. М. Горбатова (г. Москва).

Для исследований физико-химических, микробиологических и органолептических показателей использовали стандартные методы в соответствии с требованиями Технических регламентов Таможенного Союза: ТР ТС № 034/2013 «О безопасности мяса и мясной продукции», ТР ТС № 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» [2, 3].

С целью нивелирования специфического запаха, сокращения времени термообработки, повышения гидрофильности и снижения механической прочности бараньего рубца разработан способ его предварительной подготовки методом ферментативного гидролиза в присутствии деминерализованной подсырной сыворотки «Пугачевская» и препарата Протепсина-150, которые обладает протеолитической и коллагеназной активностями с последующим массажем.

Выбор энзимного препарата животного происхождения – Протепсин®150 (в количестве 0,01–0,005 % к массе продукта) обоснован тем, что он содержит комплекс кислых протеиназ, предназначенный для обработки низкосортного мясного сырья. Ферментный состав препарата сбалансирован по степени воздействия на различные белки мяса и мясных систем, применяющихся в технологии мясных продуктов. Протепсин работает в мясной системе аналогично внутриклеточным ферментам (катепсинам). Он является их синергистом и обладает дополнительными качествами, которые позволяют ему воздействовать в более широком диапазоне технологических параметров, а также влиять на белковые системы, на которые внутриклеточные ферменты не действуют или оказывают действие в незначительной степени. При выборе препарата нами были учтены оптимум действия ферментов, природа их активаторов и ингибиторов, специфичность к разрыву пептидных связей при гидролизе животных белков.

С целью рационального выбора технологических режимов был проанализирован рабочий диапазон действия препарата Протепсин-150 и его влияние на свойства основных белков. Для повышения эффективности препарата из состава рассола были исключены аддитивы, подавляющие коллагензную активность Протепсина. Критериями выбора

ферментного препарата стала его доступность, невысокая стоимость и эффективность протекания протеолитических процессов, а также способность ингибировать нежелательную микрофлору и образовывать ароматические соединения [6].

Для проведения ферментации был разработан состав рассола, основой которого являлась деминерализованная подсырная сыворотка «Пугачевская». Сыворотка увеличивает водосвязывающую способность коллагенсодержащего сырья, выход оказывает положительное действие на консистенцию, вкус и аромат. Ее использование позволило снизить содержание поваренной соли и исключить фосфаты. Для приготовления рассола в подсырной сыворотке с температурой 35–36 °С растворяли препарат Протепсин-150 из расчета 1 г на 10 кг коллагенсодержащих субпродуктов, перемешивали и выдерживали в течение 30 минут. Готовый рассол содержал небольшое количество белого осадка на дне и имел слегка мутноватый опалесцирующий цвет. Затем рубец бараний заливали приготовленным рассолом при соотношении рубец: рассол 1:2 и массажили в массажере в течение 4, 6, 8, 12 часов. Время ферментации устанавливали по объективным показателям.

Результаты и их обсуждение

Для оценки влияния предложенного метода биомодификации бараньего рубца изучено влияние продолжительности гидролиза на физико-химические показатели, усилие резания и уровень микробиологической обсемененности опытных и контрольных образцов.

Исследования зависимости физико-химических показателей от продолжительности процесса ферментативного гидролиза и массажирования бараньего рубца представлены в таблице 1.

Исследования выявили увеличение развариваемости коллагена: после ферментации 4 ч – 4,5 %; 6 ч – 5,9 %; 8 ч – 5,9 % (табл. 1). На основании полученных данных была выбрана продолжительность процесса – 6 ч, так как прирост основных физико-химических показателей к 8 ч модификации был незначительным.

Результаты изучения химического состава показали, что метод ферментативного гидролиза способствует повышению содержания белка в рубце, т. е. оптимизирует пищевую.

С целью оценки влияния ферментативной обработки и массажирования на консистенцию проведены исследования усилия резания рубца. Метод основан

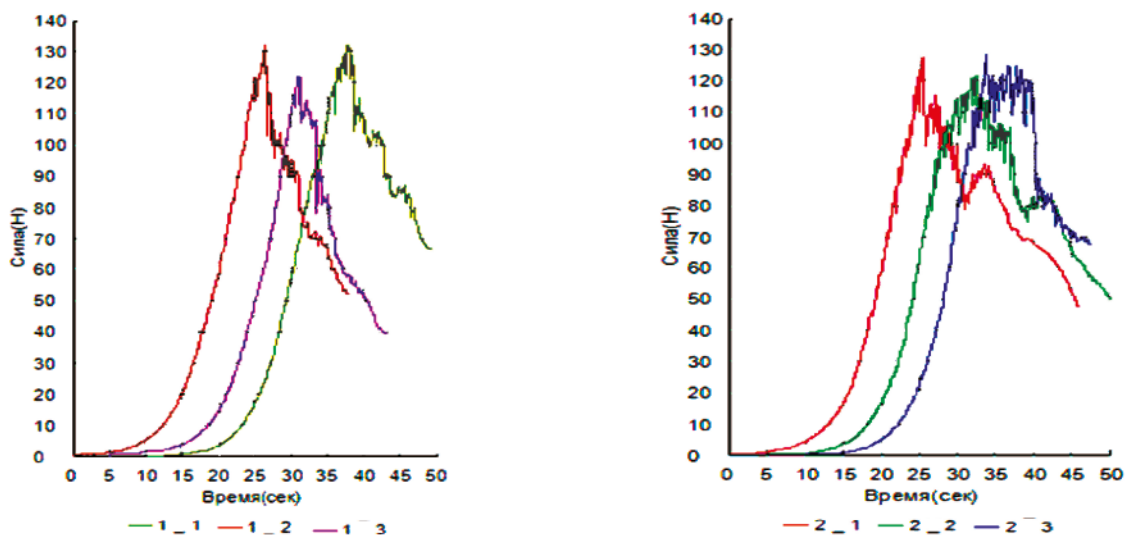


Рисунок 1. Напряженне резания (а) нативного и (б) ферментированного рубца

Figure 1. Cutting pressure of (a) native and (b) fermented rumen tissue

на прохождении режущего органа через образец, выполненный в форме параллелепипеда длиной 5 мм и имеющего на срезе форму квадрата с длиной стороны 20 мм, с постоянной скоростью 50 мм/мин.

Экспериментальные данные исследований усилия резания сырого бараньего рубца, массированного в рассоле на основе подсырной сыворотки с добавлением ферментного препарата Протеписина-150, показали размягчение структуры. На основании полученных данных можно полагать, что предложенный метод биотрансформации заметно снижает усилия резания опытных образцов относительно контрольных, о чем свидетельствуют величины напряженния среза образцов рубца (рис. 1).

Это происходит из-за того, что кислая среда в структуре коллагена рубца формирует избыточный положительный заряд вследствие подавления диссоциации карбоксильных групп боковых цепей. Структура коллагена разрыхляется за счет расшире-

ния фибрилл в полярных областях из-за отталкивания одноименно заряженных групп. В расширенные области поступает рассол и происходит набухание.

Термообработку ферментированного рубца осуществляли в течение 120 мин при температуре 90–95 °С в воде и в растворе поваренной соли с концентрацией в количестве 2,5 %. Степень жесткости рубца определяли через каждые 20 мин термической обработки (рис. 2).

Отмечено, что добавление поваренной соли способствовало эффекту размягчения рубца и снижению гидротермической устойчивости коллагена. Наиболее интенсивное размягчение рубца происходило в течение первых 60 мин термообработки. Анализ снижения скорости изменения величины усилия резания рубца позволили установить, что оптимальное время термообработки составляет 60 минут (рис. 2).

Результаты химического состава нативного и вареного бараньего рубца представлены в таблице 2.

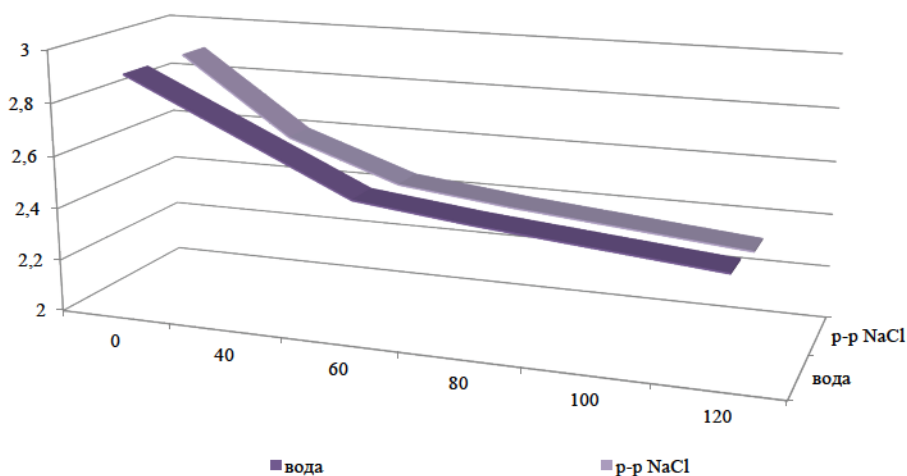


Рисунок 2. Изменение усилия резания рубца в зависимости от продолжительности термообработки в воде и растворе NaCl

Figure 2. Dynamics of the cutting pressure according to the heat treatment time in water and NaCl solution

Таблица 2. Сравнительный химический состав нативного и вареного рубца, подвергнутого ферментативному гидролизу

Table 2. Comparative chemical composition of native and boiled rumen tissue, subjected to enzymatic hydrolysis

Образец	Массовая доля, %			
	влаги	белка	жира	зола
Сырой рубец	75,7 ± 3,2	15,9 ± 0,9	5,8 ± 0,2	1,7 ± 0,2
Вареный бараний рубец	79,9 ± 2,9	13,8 ± 1,1	4,7 ± 0,3	1,6 ± 0,3

Технологические параметры процесса гидратации рубца подтвердили эффективность замены воды молочной сывороткой вследствие того, что величина активной кислотности сыворотки превышает значения, свойственные бараньему рубцу. В результате происходит смещение величины рН в сторону нейтральных значений и дополнительное повышение его влагосвязывающей и влагоудерживающей способности. Препарат Протепсин-150 повышает водосвязывающую способность и гидратацию белков. Это приводит к разрушению структуры белков, повышению степени пенетрации, увеличению иммобилизованной влаги в мясе и возрастанию его массы на 10–20 %. При последующей тепловой обработке потери веса мясной системы уменьшаются (рис. 3) [12].

Доказано, что обработка рубца протеолитическим ферментным препаратом с последующей выдержкой в молочной сыворотке и массажированием улучшают его функционально-технологические характеристики значительно повышают его влаго- и жирудерживающую способность, выход, что является важным в его использования в технологии фаршевых мясопродуктов (рис. 3).

Использование молочной сыворотки в составе рассола способствует набуханию и увеличению диаметра волокон коллагена, общая поверхность взаимодействия в процессе массажирования увеличивается. Влага из свободной переходит в поверхностно-связанную, о чем свидетельствует повышение влагосвязывающей способности (ВСС) на $22,2 \pm 0,31$ % (рис. 3). Увеличение ВСС объясняется тем, что при модификации коллагена происходят его деструктивные изменения. При этом молекулы молочной сыворотки

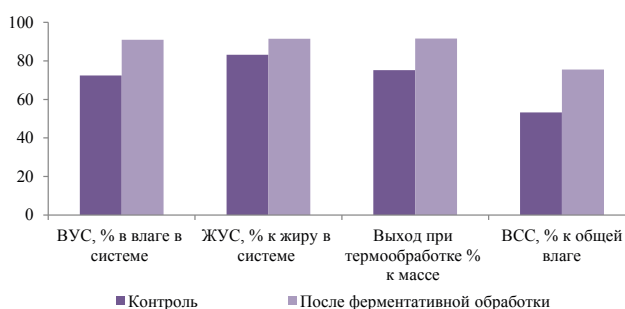


Рисунок 3. Функционально-технологические показатели нативного и ферментированного бараньего рубца

Figure 3. Functional and technological indicators of native and fermented rumen tissue

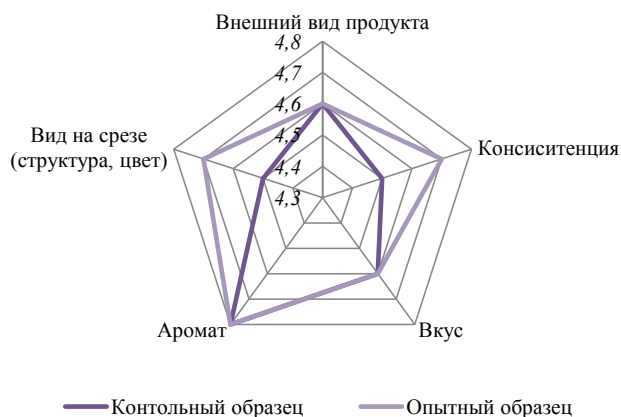


Рисунок 4. Диаграмма сенсорной оценки нативного и ферментированного рубца

Figure 4. Diagram of sensory evaluation of native and fermented rumen tissue

дополнительно взаимодействуют с белком и, вновь образовавшимися, межмолекулярными связями [13].

Бараний рубец, обработанный по предлагаемой технологии, характеризуется более высокими органолептическими показателями, такими как белый цвет, мягкая консистенция, отсутствие постороннего вкуса и запаха (рис. 4).

Молочнокислая микрофлора, содержащаяся в сыворотке, способна образовывать ароматические соединения. Это обеспечивает более высокие сенсорные показатели ферментированного рубца [14].

Учитывая, что бараний рубец является сырьем с высокой контаминацией, исследовали микробиологические показатели рубца после термообработки, хранившегося в течение 3 суток (длительность хранения принята с учетом производственной необходимости) при температуре 2–4 °С.

Общая микробиальная обсемененность рубца соответствует требованиям Технического регламента Таможенного союза «О безопасности мяса и мясной продукции» (ТР ТС 034/20В) (табл. 3) [2]. Хорошее санитарное состояние рубца объясняется тем, что молочная сыворотка обладает способностью ингибировать нежелательную микрофлору и снижает обсемененность рубца.

Ферментация, в сочетании с массажированием субпродуктов, способствует развитию молочнокислой микрофлоры и гидролитическому распаду белковых компонентов. В результате сокращается процесс термообработки. Использование рассола на основе подсырной сыворотки в результате воздействия бактерии рода *Lactobacillus* повышало эффективность гидролиза коллагена.

Таблица 3. Микробиологические показатели вареного бараньего рубца

Table 3. Microbiological indicators of the boiled rumen tissue

Показатели	Длительность хранения вареного рубца			
	0	24	48	72
КМАФАМ, КОЕ/г	$1,0 \times 10^3$	$3,4 \times 10^3$	$5,4 \times 10^3$	10×10^3

Возможно, такие изменения белка связаны не только с процессами гидролиза белка под действием ферментного препарата Протепсина-150, но и со сложной жизнедеятельностью молочнокислых бактерий, содержащихся в подсырной сыворотке: наличием эндо- и экзоферментов, гидролизующих белки; способностью ассимилировать низкомолекулярные белковые вещества для роста бактерий; способностью продуцировать молочную кислоту и снижать рН среды, создавая условия для активизации ферментативной активности препарата.

Выводы

Совокупные данные влияния предварительной подготовки бараньего рубца показали положительное влияние на функционально-технологические свойства, химический состав, усилие резания, микроструктуру и микробиологическую обсемененность опытных образцов. Это позволяет сделать выводы о перспективности его использования в технологии мясопродуктов.

При использовании в составе рассола молочной сыворотки отпадает необходимость проведения последующей нейтрализации среды, в отличие от способов, когда применяется кислотный, либо щелочной гидролиз, снижающий органолептические свойства

конечных продуктов, а также разрушающие многие аминокислоты в процессе обработки.

Приятные вкус и текстура бараньего рубца позволяют рекомендовать его для использования в производстве мясных изделий.

Переработка субпродуктов II категории не только обеспечит переход предприятий на безотходные технологии, но и станет оптимальным решением проблемы производства продуктов специального питания для профилактики дисмикробиоценоза, людей склонных к повышенной массе тела, населения экологически неблагоприятных регионов. Молочнокислые бактерии, содержащиеся в подсырной сыворотке, обладают выраженным антагонизмом к патогенным и условно-патогенным микроорганизмам, что не мало важно для профилактики болезней желудочно-кишечного тракта людей.

Конфликт интересов

Авторы заявляют, что статья не содержит клеветнических высказываний и не посягает на права (включая без ограничений авторское право или права на патент или торговую марку) других лиц и не содержит материалы или инструкции, которые могут причинить вред или ущерб третьим лицам и их публикация не приведет к разглашению секретных или конфиденциальных сведений (включая государственную тайну).

Список литературы

1. «Основы государственной политики РФ в области здорового питания населения на период до 2020 года».
2. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности мяса и мясной продукции» (ТР ТС 034/2013) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/499050564>. – Дата обращения: 14.05.2018.
3. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» (ТР ТС 021/2011) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/902320560>. – Дата обращения: 14.05.2018.
4. Ферменты промышленного назначения – обзор рынка ферментных препаратов и перспективы его развития / А. А. Толкачева, Д. А. Черенков, О. С. Корнеева [и др.] // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2017. – Т. 79, № 4 (74). – С. 197–203. DOI: <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2017-4-197-203>.
5. Антипова, Л. В. Ферментные технологии в развитие отечественного производства перерабатывающих отраслей АПК / Л. В. Антипова // «Перспективные ферментные препараты и биотехнологические процессы в технологиях продуктов питания и кормов»: сборник трудов конференции / Всероссийский научно-исследовательский институт пищевой биотехнологии РАСН. – М, 2016. – С. 61–66.
6. Плахотина, М. С. Микробные ферментные препараты для животноводства / М. С. Плахотина, В. Н. Неустроева, Л. А. Литвина // «Проблемы биологии и биотехнологии»: сборник трудов конференции научного общества студентов и аспирантов биолого-технологического факультета / Новосибирский государственный аграрный университет. – Новосибирск, 2017. – С. 166–170.
7. Использование экзогенных ферментных препаратов в технологии мясных продуктов / Э. Ш. Юнусов, В. Я. Пономарев, А. З. Каримов [и др.] // Вестник казанского технологического университета. – 2012. – Т. 15, № 22. – С. 119–121.
8. United States Department of Agriculture. Agricultural Research Service. USDA National Nutrient Database for Standard Reference.
9. Драгунова, М. М. Метод переработки вторичного коллагенсодержащего сырья с использованием дрожжей *Clavispora lusitanae* Y3723 / М. М. Драгунова, В. П. Брехова // Техника и технология пищевых производств. – 2014. – Т. 32, № 1. – С. 18–21.
10. Разработка технологии переработки коллагенсодержащих отходов мясоперерабатывающей промышленности в функциональную кормовую добавку для животных сельскохозяйственного сектора / М. М. Драгунова, А. Ю. Просеков, О. В. Кригер [и др.] // Вестник КрасГАУ. – 2014. – Т. 98, № 11. – С. 203–206.
11. Preparation and thermal stability of collagen from scales of grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) / C.-M. Li, Z.-H. Zhong, O.-H. Wan [et al.] // European Food Research and Technology. – 2008. – Vol. 227. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00217-008-0869-z>.
12. Isolation and characterization of collagen from the skin of deep-sea redfish (*Sebastes mentella*) / L. Wang, X. An, Z. Xin [et al.] // Journal of Food Science. – 2007. – Vol. 72, № 8. – P. 450–455. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2007.00478.x>


13. Tuna pepsin: characteristics and its use for collagen extraction from the skin of threadfin bream (*Nemipterus spp.*) / S. Nalinanon, S. Benjakul, W. Visessanguan [et al.] // Journal of Food Science. – 2008. – Vol. 73, № 5. – P. 413–419. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2008.00777.x>.
14. Isolation and partial characterization of pepsin- soluble collagen from the skin of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) / Y. Zhang, W. Liu, G. Li [et al.] // Food Chemistry. – 2007. – Vol. 103, № 3. – P. 906–912. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.09.053>.

References

1. 'Osnovy gosudarstvennoy politiki RF v oblasti zdorovogo pitaniya naseleniya na period do 2020 goda' ['Basic State Policy of the Russian Federation in the field of healthy nutrition for the period up to 2020*].
2. Tekhnicheskiy reglament Tamozhennogo soyuza 'O bezopasnosti myasa i myasnoy produktsii' (TR TS 034/2013) [Technical regulations of the Customs Union 'On the security of meat and meat products' (TR CU 034/2013)] [Internet]. [cited 2018 May 14]. Available from: <http://docs.cntd.ru/document/499050564>.
3. Tekhnicheskiy reglament Tamozhennogo soyuza 'O bezopasnosti pishchevoy produktsii' (TR TS 021/2011) [Technical regulations of the Customs Union 'On food product safety' (TR CU 021/2011)] [Internet]. [cited 2018 May 14]. Available from: <http://docs.cntd.ru/document/902320560>.
4. Tolkacheva AA, Cherenkov DA, Korneeva OS, Ponomarev PG. Enzymes of industrial purpose - review of the market of enzyme preparations and prospects for its development. Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies. 2017;79(4)(74):197–203. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2017-4-197-203>.
5. Antipova LV. Fermentnye tekhnologii v razvitie otechestvennogo proizvodstva pererabatyvayushchikh otrasley APK [Enzyme technologies in the development of domestic production of the processing industries in the agro-industrial complex]. 'Perspektivnye fermentnye preparaty i biotekhnologicheskie protsessy v tekhnologiyakh produktov pitaniya i kormov' sbornik trudov konferentsii' [Advantageous enzyme preparations and biotechnological processes in food and feed technologies': conference proceedings]; Moscow; 2016. Moscow: Russian Scientific-Research Institute of Food Biotechnology of Russian Agricultural Sciences Academy; 2016. p. 61–66. (In Russ.).
6. Plakhotina MS, Neustroeva VN, Litvina LA. Mikrobnnye fermentnye preparaty dlya zhivotnovodstva [Microbial enzyme preparations for animal husbandry]. 'Problemy biologii i biotekhnologii': sbornik trudov konferentsii nauchnogo obshchestva studentov i aspirantov biologo-tekhnologicheskogo fakul'teta ['Problems of Biology and Biotechnology': Proceedings of the conference conducted by the scientific community of students and postgraduates of the Department of Biology and Technology]; 2017; Novosibirsk. Novosibirsk: Novosibirsk State Agrarian University; 2017. p. 166–170. (In Russ.).
7. Yunusov EhSh, Ponomarev VYa, Karimov AZ, Bezzubova EV, Ezhkova GO. Ispol'zovanie ehkzogennykh fermentnykh preparatov v tekhnologii myasnykh produktov [Exogenous enzyme preparations in the technology of meat products]. Bulletin of the Technological University. 2012;15(22):119–121. (In Russ.).
8. United States Department of Agriculture. Agricultural Research Service. USDA National Nutrient Database for Standard Reference.
9. Dragunova MM, Brehova VP. Method of secondary collagen - containing raw material processing using *Clavispora Lusitaniae* Y3723 yeast. Food Processing: Techniques and Technology. 2014;32(1):18–21. (In Russ.).
10. Dragunova MM, Prosekov AYu, Milentyeva IS, Krieger OV, Linnik AI. The technology development for processing of the meat processing industry collagen-containing wastes into the functional feed additive. The Bulletin of KrasGAU. 2014;98(11):203–206.
11. Li C-M, Zhong Z-H, Wan O-H, Zhao H, Gu H-F, Xiong S-B. Preparation and thermal stability of collagen from scales of grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*). European Food Research and Technology. 2008;227. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00217-008-0869-z>.
12. Wang L, An X, Xin Z, Zhao L, Hu Q. Isolation and characterization of collagen from the skin of deep-sea redfish (*Sebastes mentella*). Journal of Food Science. 2007;72(8):450–455. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2007.00478.x>.
13. Nalinanon S, Benjakul S, Visessanguan W, Kishimura H. Tuna pepsin: characteristics and its use for collagen extraction from the skin of threadfin bream (*Nemipterus spp.*). Journal of Food Science. 2008;73(5):413–419. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2008.00777.x>.
14. Zhang Y, Liu W, Li G, Shi B, Miao Y, Wu X. Isolation and partial characterization of pepsin- soluble collagen from the skin of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*). Food Chemistry. 2007;103(3):906–912. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.09.053>.


Сведения об авторах

Гиро Татьяна Михайловна

д-р техн. наук, профессор кафедры технологий производства и переработки продукции животноводства, ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет им. Н. И. Вавилова», 410012, Россия, г. Саратов, Театральная площадь, 1, тел.: +7 (960) 342-30-16, e-mail: girotm@sgau.ru
 <https://orcid.org/0000-0003-3039-1324>

Information about the authors


Tatiana M. Giro

Dr.Sci.(Eng.), Professor of the Department of Technology of Production and Processing of Livestock Products, Vavilov Saratov State Agrarian University, 1, Teatralnaya square, Saratov, 410012, Russia, phone: +7 (960) 342-30-16, e-mail: girotm@sgau.ru
 <https://orcid.org/0000-0003-3039-1324>

Зубов Сергей Сергеевич

аспирант кафедры технологий производства и переработки продукции животноводства, ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет им. Н. И. Вавилова», 410012, Россия, г. Саратов, Театральная площадь, 1, тел.: + 7 (908) 559-02-39, e-mail: zubovss0@yandex.ru

Яшин Александр Вячеславович

магистрант кафедры технологий производства и переработки продукции животноводства, ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет им. Н. И. Вавилова», 410012, Россия, г. Саратов, Театральная площадь, 1, тел.: + 7 (937) 262-6-044, e-mail: saleks917@bk.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-9670-0567>

Гиро Анна Валерьевна

аспирант кафедры технологий производства и переработки продукции животноводства, ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет им. Н. И. Вавилова», 410012, Россия, г. Саратов, Театральная площадь, 1, тел.: + 7(937) 026-28-22, e-mail: giroannasgau@gmail.com


Преображенский Виталий Александрович

студент кафедры технологий производства и переработки продукции животноводства, ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет им. Н. И. Вавилова», 410012, Россия, г. Саратов, Театральная площадь, 1, тел.: + 7 (960) 349-39-03, e-mail: preobrazhenskii.vitalii@mail.ru

Sergey S. Zubov

Postgraduate Student of the Department of Technology of Production and Processing of Livestock Products, Vavilov Saratov State Agrarian University, 1, Teatralnaya square, Saratov, 410012, Russia, phone: + 7 (908) 559-02-39, e-mail: zubovss0@yandex.ru

Alexander V. Yashin

Master of the Department of Technology of Production and Processing of Livestock Products, Vavilov Saratov State Agrarian University, 1, Teatralnaya square, Saratov, 410012, Russia, phone: + 7 (937) 262-6-044, e-mail: saleks917@bk.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-9670-0567>

Anna V. Giro

Postgraduate Student of the Department of Technology of Production and Processing of Livestock Products, Vavilov Saratov State Agrarian University, 1, Teatralnaya square, Saratov, 410012, Russia, phone: + 7(937) 026-28-22, e-mail: giroannasgau@gmail.com

Vitalii A. Preobrazhenskii

Student of the Department of Technology of Production and Processing of Livestock Products, Vavilov Saratov State Agrarian University, 1, Teatralnaya square, Saratov, 410012, Russia, phone: + 7 (960) 349-39-03, e-mail: preobrazhenskii.vitalii@mail.ru

Использование ферментной переэтерификации в технологии производства заменителей молочного жира¹

А. В. Терещук, К. В. Старовойтова*^{1b}

Дата поступления в редакцию: 26.03.2019
Дата принятия в печать: 21.06.2019

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

*e-mail: centol@mail.ru



© А. В. Терещук, К. В. Старовойтова, 2019

Аннотация. Главным преимуществом энзимной переэтерификации, по сравнению с химической, являются специфичность, присущая каталитическому действию липазы, и более высокая управляемость реакцией. При использовании липаз, обладающих позиционной специфичностью, перераспределение жирных кислот происходит только в крайних положениях триглицеридов. Кроме того, расходы на этот способ переработки при правильной организации процесса примерно в полтора раза ниже расходов на гидроирование жиров. Целью работы было исследование влияния жиров, полученных методом ферментной переэтерификации, на показатели качества заменителей молочного жира, изготовленных с их использованием. Объектами исследования явились: сырьевые компоненты, выбранные для включения в рецептуру переэтерифицированного жира и готовой смеси жиров для заменителей молочного жира (ЗМЖ), процесс энзиматической переэтерификации смеси масел и жиров, готовые переэтерифицированные жиры, а также заменители молочного жира, полученные с использованием энзиматически переэтерифицированных жиров. Для проведения процесса переэтерификации использовали последовательность реакторов, заполненных препаратом «Lipozyme TL IM», представляющим собой гранулированный препарат микробной 1,3-специфической липазы из *Thermomyces Lanuginosus*, иммобилизованной на силикагеле. Полученные в результате продукты соответствуют требованиям, предъявляемым к заменителям молочного жира и содержат от 16 до 21 % полиненасыщенных жирных кислот, лишены трансизомеров жирных кислот, содержат не более 38 % пальмитиновой кислоты от суммы жирных кислот и не более 5 % твердых триглицеридов при температуре 35 °С, имеют температуру плавления ниже температуры человеческого тела. Полученные характеристики заменителей молочного жира позволяют включать их в состав масложировой и молкосодержащей продукции высокого качества.

Ключевые слова. Переэтерификация, липаза, транс-изомеры, плавление, триглицериды

Для цитирования: Терещук, А. В. Использование ферментной переэтерификации в технологии производства заменителей молочного жира / А. В. Терещук, К. В. Старовойтова // Техника и технология пищевых производств. – 2019. – Т. 49, № 2. – С. 270–280. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-2-270-280>.

Original article

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

Enzymatic Reetherification in the Production of Butterfat Substitutes

L.V. Tereshchuk, K.V. Starovoytova*^{1b}

Received: March 26, 2019
Accepted: June 21, 2019

Kemerovo State University,
6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650056, Russia

*e-mail: centol@mail.ru



© L.V. Tereshchuk, K.V. Starovoytova, 2019

Abstract. Enzymatic reetherification of fats has numerous technological and economic advantages, which makes its large-scale implementation highly efficient. Unlike chemical modification, enzymatic reetherification demonstrates a greater specificity, typical of the catalytic action of lipase, and a higher controllability. Lipases with positional specificity cause redistribution of fatty acids to occur only in extreme provisions of triglycerides. In addition, this method is 1.5 times lower than hydrogenation of fats. The authors used the facilities of an innovative laboratory provided by JSC Eurasian Foods Corporation to conduct practical research on reetherification of fatty mixes. The main objective was to study the effect of the fats obtained by fermental reetherification on the quality indicators of butterfat substitutes. The research featured the input products to be used in the formula of reetherified fat and prepared fat mixes for butterfat substitutes. The paper describes the process of enzymatic reetherification of mixes of oils and fats, prepared reesterified fats, and buttermilk substitutes obtained from reetherified fats. The process involved a sequence of reactors filled with *Lipozyme TL IM*, a granulated substance of a microbic 1,3-specific lipase. The lipase was obtained from *Thermomyces Lanuginosus*, which had been immobilized with silica gel. The obtained products conformed to the butterfat standards in that

¹ Материал опубликован в рамках II Международного симпозиума «Инновации в пищевой биотехнологии». 13–14 мая 2019 г., Кемерово, Кемеровский государственный университет.

they contained 16–2% of polyunsaturated fatty acids, no transisomers of fatty acids, $\leq 38\%$ of palmitic acid, and $\leq 5\%$ of solid triglycerides at 35 of °C. The melting temperature was under body heat. The resulting characteristics of butterfat substitutes make them high-quality dairy products.

Keywords. Transesterification, lipase trans-isomers, melting, triglycerides

For citation: Tereshchuk LV, Starovoytova KV. Enzymatic Reetherification in the Production of Butterfat Substitutes. Food Processing: Techniques and Technology. 2019;49(2):270–280. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-2-270-280>.

Введение

На сегодняшний день необходимость широкого внедрения процесса переэтерификации жиров не вызывает сомнений. Развитие этой технологии стимулируется рыночными отношениями внутри страны и проникновением на отечественный рынок оборудования ведущих зарубежных фирм. Кроме того, внедрение переэтерификации жиров имеет и экономические преимущества: расходы на этот способ переработки при правильной организации процесса примерно в полтора раза ниже расходов на гидрирование жиров [1].

Широкое распространение данной технологии объясняется рядом причин. Во-первых, при переэтерификации жировых смесей, используемых в производстве эмульсионных масложировых продуктов, резко повышается пластичность жировой основы, что позволяет максимально приблизить консистенцию маргарина и спредов к консистенции сливочного масла. Переэтерифицированные жиры легко дезодорируются и не обнаруживают реверсии вкуса и запаха исходных жиров даже при достаточно длительном хранении. Это позволяет полностью или частично заменить кокосовое и подобные ему тропические масла при производстве масложировой продукции высокого качества. Кроме того, продукция, содержащая переэтерифицированные жиры, устойчива к окислительной порче и длительное время не меняет свои структурно-механические характеристики при хранении. Все эти факторы позволяют, используя ограниченный ассортимент жирового сырья, организовать производство разнообразных жировых продуктов целевого назначения.

Переэтерификация представляет собой сочетание гидролиза и синтеза триглицеридов. Причем замена жирнокислотных остатков может протекать как случайным образом (неспецифичная переэтерификация), так и затрагивать только определенные позиции (переэтерификация с позиционной специфичностью). При случайной переэтерификации жирнокислотные радикалы свободно перемещаются с одной позиции на другую в одном и том же глицериде или от одного глицериде к другому. После перегруппировки жирных кислот достигается равновесие, которое основано на составе исходного сырья и может быть предсказано на основе теории вероятности. Направленная перегруппировка препятствует усреднению жирнокислотного состава, сдвигая равновесие в смеси. Переэтерификация триглицеридов на химических катализаторах происходит только в жидкой жировой фазе и затрагивает все три сложноэфирных связи в молекулах триглицеридов [2]. Ферментативная переэтерификация протекает на границе раздела жировой и водной фаз. Ферменты, а именно липазы, являют-

ся природными биологическими катализаторами. В промышленности используют в основном липазы микробиологического происхождения, т. е. выделяемые микроорганизмами в питательную среду. Липазы преобразуют масла и жиры путем гидролиза триглицеридов и отщепления от них жирных кислот. Эта реакция противоположна синтезу триглицеридов и является обратимой.

Главным преимуществом энзимной переэтерификации, по сравнению с химической, являются специфичность, присущая каталитическому действию липазы, и более высокая управляемость реакцией [4]. При использовании липаз, обладающих позиционной специфичностью, перераспределение жирных кислот происходит только в крайних положениях триглицеридов. В этой технологии используется последовательность реакторов, заполненных иммобилизованной липазой от генетически модифицированных представителей рода *Aspergillus*, в которые был перенесен липазный ген *Thermomyces Lanuginosus* [3].

Точный механизм процесса переэтерификации с использованием липаз до сих пор не установлен. Одним из наиболее возможных вариантов является образование промежуточного комплекса липаза-кислота, который возникает, например, в результате высвобождения диглицерида из липаза-триглицеридного комплекса. Промышленное применение липазы в качестве химического катализатора для переэтерификации жиров было бы невозможным без учета специфичности ферментов. Данный внеклеточный фермент микробиологического происхождения обладает позиционной специфичностью относительно внешних позиций (*sn 1, 3*) на глицериновом каркасе. Таким образом, его можно было бы использовать для получения жиров с высокой симметричностью мононенасыщенных триглицеридов.

Переэтерификацию целесообразно применять также для получения различных заменителей молочного жира (ЗМЖ). Для получения молкосодержащей продукции, не уступающей по качеству (то есть по вкусу и стабильности, а также по физическим свойствам) продукту с молочным жиром, при создании заменителя молочного жира важно правильно подобрать ингредиентный состав. Главная задача – получить безопасный для здоровья и удобный в обращении продукт, позволяющий гибко подходить к созданию рецептур. Растительные жиры, применяемые в молочной промышленности, должны иметь светлый цвет, нейтральный вкус и аромат без каких-либо побочных запахов и быть стабильными. Обычно для обеспечения нужной консистенции от них требуется наличие определенного профиля плавления, особен-

но в смеси с молочным жиром. Это профиль должен быть близким к профилю плавления молочного жира, но немного отличаться от него вследствие различных технологических факторов и взаимодействия с молочным жиром [4].

Целью настоящей работы является исследование влияния жиров, полученных методом ферментной переэтерификации, на показатели качества заменителей молочного жира, изготовленных с их использованием.

Для реализации цели поставлены следующие задачи:

- подбор компонентного состава переэтерифицированных жиров для производства ЗМЖ с ограниченным содержанием транс-изомеров олеиновой кислоты (не более 1 %);
- разработка рецептуры и конструирование сбалансированного жирнокислотного состава заменителя молочного жира согласно требованиям нормативно-технической документации;
- подбор технологических режимов проведения процесса ферментной переэтерификации;
- получение переэтерифицированного жира в лабораторных условиях на базе инновационной технологической лаборатории АО «Eurasian Foods Corporation»;
- изучение жирнокислотного состава полученных переэтерифицированных жиров и многокомпонентных смесей для ЗМЖ;
- изучение характеристик ЗМЖ: определение содержания твердых триглицеридов при различных температурах, твердости по Каминскому, температуры плавления и оценка органолептических показателей.

Объекты и методы исследования

Объектами исследования явились: сырьевые компоненты, выбранные для включения в рецептуру переэтерифицированного жира и готовой смеси жиров для заменителей молочного жира (ЗМЖ); процесс энзиматической переэтерификации смеси масел и жиров, готовые переэтерифицированные жиры; заменители молочного жира, полученные с использованием энзиматически переэтерифицированных жиров.

В качестве сырьевых компонентов для включения в рецептуры ЗМЖ были выбраны: образец пальмового стеарина рафинированного, отбеленного и дезодорированного (производство Малайзия); образец пальмоядрового масла рафинированного, отбеленного и дезодорированного (производство Малайзия); образец подсолнечного масла рафинированного, отбеленного и дезодорированного (производство Россия); образец рапсового масла рафинированного, отбеленного и дезодорированного (производство Россия).

Исследования свойств сырьевых компонентов и готовых заменителей молочного жира проводили используя стандартные методы. Для определения жирнокислотного состава масел и жиров применяли газожидкостную хроматографию по ГОСТ 30418-96. Использовали газожидкостной хроматограф «Agilent GC 7890» с пламенно-ионизационным детектором по методу программирования температуры от 40 °С до 250 °С. Использовали капиллярную колонку фирмы «Varian SipSill – 88». Полученные хроматограммы

метиловых эфиров жирных кислот идентифицировали и рассчитывали количественное содержание жирных кислот по площадям пиков в процентах, используя стандартную методику.

Содержание твердых триглицеридов в жировом сырье определяли при помощи ЯМР-анализатора по ГОСТ Р 52179-2003. Визуальную оценку и органолептические показатели определяли по ГОСТ Р 52179-2003. Отбор и подготовку проб жирового сырья проводили согласно требованиям ГОСТ Р ИСО 5555-2010. «Масла и жиры животные и растительные. Отбор проб» и СТБ ISO 661-2008 «Масла и жиры животные и растительные. Подготовка испытываемой пробы».

При изучении физико-химических показателей растительных масел и жиров определяли:

- температуру плавления в капилляре, открытом с двух концов;
- кислотное число методом титрования по ГОСТ 31933-2012;
- перекисное число по ГОСТ ISO 3960-2013;
- йодное число по методу Гануса.

Исследования проводились в трех параллелях для сходимости результатов и обрабатывались статистически. В результатах исследования приведены средние значения показателей.

Результаты и их обсуждение

На первом этапе было выбрано и исследовано сырье для получения смесей, направляемых на переэтерификацию. Поскольку Малайзия является ведущим производителем и главным экспортером обработанного пальмового, а также пальмоядрового масла, для включения в рецептуры были выбраны образцы масел, произведенные в этой стране. Пальмовое масло поставляется как в сыром виде, так и в рафинированном, дезодорированном, отбеленном, а также в виде олеиновой, средней и стеариновой фракций.

Исследуемый образец пальмового стеарина – это твердая фракция, получаемая в процессе низкотемпературной обработки пальмового масла. Поскольку в странах, входящих в Единый таможенный союз, отсутствует нормативный документ, регламентирующий содержание отдельных жирных кислот в продуктах фракционирования пальмового масла, для контроля опирались на литературные данные действующего Малазийского стандарта MS 815:1991. В таблице 1 приведен жирнокислотный состав исследуемого образца пальмового стеарина.

Жирнокислотный состав исследуемого образца пальмового стеарина соответствует нормам, указанным в Малазийском стандарте, и отличается высоким содержанием насыщенных жирных кислот: пальмитиновой С 16:0 и стеариновой С 18:0. При фракционировании пальмитиновая кислота имеет тенденцию переходить в стеариновую фракцию. Однако содержание олеиновой кислоты близко к неразделенному пальмовому маслу.

В таблице 2 приведены физико-химические показатели образца пальмового стеарина.

Содержание твердых триглицеридов в исследуемом образце при низких температурах имеет зна-

Таблица 1. Жирнокислотный состав пальмового стеарина

Table 1. Fatty acid composition of palm stearin

Наименование жирных кислот	Содержание, %	
	Характеристика исследуемого образца пальмового стеарина	Характеристика пальмового стеарина по MS 815:1991
C 12:0 Лауриновая	0,2	0,1–0,3
C 14:0 Миристиновая	1,6	1,1–1,7
C 16:0 Пальмитиновая	59,5	49,8–68,1
C16:1 Пальмитолеиновая	0	0,05–0,1
C 18:0 Стеариновая	5,3	3,9–5,6
C 18:1 Олеиновая транс-форма	0	Отсутствует
C 18:1 Олеиновая цис-форма	26,6	20,4–34,4
C 18:2 Линолевая	5,4	5–8,9
C 18:3 Линоленовая	0	0,1–0,5
C 20:0 Арахидовая	0,4	0,3–0,6

чение, которое близко к 100 %: образец отличается высокой твердостью и колющейся консистенцией. При высоких температурах в интервале 30–40 °С содержание твердых триглицеридов также достаточно высоко. Данные свидетельствуют, что это сырье можно использовать в ограниченном количестве в жировых композициях в качестве консистентного жира или в переэтерифицированном виде с жидкими растительными маслами.

Высокая температура плавления также не позволяет использовать стеарин в чистом виде, но при использовании его в смесях с жидкими растительными маслами, не имеющими твердых триглицеридов, можно получить сбалансированную жировую смесь с температурой плавления менее 36 °С.

Низкое значение йодного числа свидетельствует о максимальном количестве в пальмовом стеарине насыщенных жирных кислот, а именно длинноцепочечных. Значение кислотного числа не выходит за рамки требований нормативно-технической документации и свидетельствует о том, что влага в данном образце отсутствует. Перекисное число в исследуемом образце имеет ожидаемо низкое значение из-за максимально низкого содержания ненасыщенных жирных кислот с двумя и более двойными связями, которые наиболее подвержены процессам окисления. Пальмовый стеарин наиболее устойчив к появлению вторичных продуктов окисления. Это еще раз доказывает, что использование данной фракции в рецептурном составе жировых композиций может положительно повлиять на устойчивость к окислительным процессам.

Образец пальмового масла производства Малайзии имел полутвердую консистенцию и белый цвет с желтоватым оттенком. В таблице 3 приведен жирнокислотный состав исследуемого образца пальмового масла. Жирнокислотный состав исследовался согласно ГОСТ 30623-98. «Масла растительные и маргаринная продукция. Метод обнаружения фальсификации» [9].

Таблица 2. Физико-химические показатели пальмового стеарина

Table 2. Physical and chemical indicators of palm stearin

Наименование показателя	Характеристика исследуемого образца пальмового стеарина
Температура плавления, °С	51
Содержание ТГГ, %:	
5 °С	82,48
10 °С	81,92
20 °С	67,92
30 °С	47,19
35 °С	37,27
40 °С	27,57
Кислотное число, мг КОН/г	0,03
Перекисное число, ммоль акт. кислорода/кг	1
Йодное число, г I ₂ /100 г	32,9

Данные таблицы свидетельствуют о том, что жирнокислотный состав исследуемого образца пальмового масла соответствует нормам. Особой отличительной чертой данного растительного масла является большое количество лауриновой кислоты C 12:0, которая составляет почти 50 % от массовой доли жирных кислот. Так как эта кислота относится к разряду среднецепочечных жирных кислот, пальмовое масло при комнатной температуре находится в маэобразном состоянии, подобно пальмовому, а при температурах выше комнатной моментально переходит в жидкое состояние. В таблице 4 приведены физико-химические показатели образца пальмового масла.

Приведенные данные свидетельствуют о том, что при низких температурах содержание твердых триглицеридов в пальмовом масле очень высоко, а при высоких температурах (в интервале 30–40 °С) не

Таблица 3. Жирнокислотный состав пальмового масла

Table 3. Fatty acid composition of palm-kernel oil

Наименование жирных кислот	Массовая доля, %	Массовая доля, % по ГОСТ 30623-98
C 6:0 Капроновая	0,3	До 0,8
C 8:0 Каприловая	4	2,4–6,0
C 10:0 Каприновая	3,3	2,0–5,0
C 12:0 Лауриновая	45,2	41,0–55,0
C 14:0 Миристиновая	16	14,0–18,6
C 16:0 Пальмитиновая	9,6	6,5–10,0
C16:1 Пальмитолеиновая	0	До 1,0
C 18:0 Стеариновая	2,5	1,0–3,5
C 18:1 Олеиновая цис-форма	16,1	12,0–19,0
C 18:2 Линолевая	3	0,8–3,0
C 18:3 Линоленовая	0	До 1,0
C 20:0 Арахидовая	0	До 1,0
C 20:1 Гондоиновая	0	До 1,0
C 22:0 Бегеновая	0	До 1,0
C 22:1 Эруковая	0	До 1,0
C 22:2 Докозодиеновая	0	До 1,0

Таблица 4. Физико-химические показатели образца пальмоядрового масла

Table 4. Physical and chemical indicators of palm-kernel oil

Наименование показателя	Характеристика пальмоядрового масла производства Малайзия
Температура плавления, °С	27,4
Содержание твердых триглицеридов, %:	
5 °С	75,53
10 °С	70,33
20 °С	40,52
30 °С	0,58
35 °С	0
40 °С	0
Кислотное число, мг КОН/г	0,01
Перекисное число, ммоль акт. кислорода/кг	0
Йодное число, г I/100 г	19,42

превышает 1 %. Это свидетельствует о легкоплавкости пальмоядрового масла. Температура плавления составляет порядка 27 °С. Невысокое йодное число свидетельствует о максимальном количестве в пальмоядровом масле насыщенных жирных кислот, в частности низко- и среднецепочечных. Значения показателей окислительной и гидролитической порчи свидетельствуют о высокой устойчивости пальмоядрового масла в процессе хранения.

На основании проведенного анализа качества образцов пальмового стеарина и пальмоядрового масла был сделан вывод об их пригодности для использования в составе композиций масел и жиров для переэтерификации.

На втором этапе, на основании анализа физико-химических показателей и жирнокислотного состава сырьевых компонентов, были подобраны соотношения твердых и жидких растительных масел в композициях, предназначенных для ферментной переэтерификации. При составлении смесей использовалось сырье, изначально не содержащее трансизомеров жирных кислот. В таблице 5 приведены рецептуры смесей для переэтерифицированных жиров.

После разработки рецептур жировых смесей для ЗМЖ, проводили их переэтерификацию в условиях инновационной технологической лаборатории АО «Eurasian Foods Corporation». Процесс переэтерификации позволяет максимально приблизить свойства заменителя к свойствам молочного жира. Это дает возможность достигать широчайшего диапазона совместимости данных продуктов. Предпочтение было отдано ферментной переэтерификации, т. к. специфические липазы, используемые в качестве катализатора в этом процессе, позволяют получать жиры определенного состава, что невозможно при применении традиционной химической переэтерификации. Этот способ представляет большой интерес, особенно при необходимости присоединения конкретной жирной кислоты в нужной позиции, что

Таблица 5. Рецептуры переэтерифицированных жиров для производства ЗМЖ

Table 5. Reetherified fat formulations for butterfat substitutes production

Наименование сырья	Содержание, %	
	Рецептура 1	Рецептура 2
Пальмовый стеарин	60	60
Пальмоядровое масло	20	16
Подсолнечное масло	–	12
Рапсовое масло	20	12
Итого	100	100

часто требуется для создания жиров специального назначения.

Технологический процесс ферментной переэтерификации состоит из следующих основных стадий:

- подготовка ферментного катализатора;
- приготовление исходной смеси масел и жиров;
- подогрев исходной смеси жиров до температуры переэтерификации;
- ферментативная переэтерификация;
- охлаждение переэтерифицированного жира до температуры хранения.

Для получения переэтерифицированных жиров в качестве катализатора был выбран ферментный препарат «Lipozyme TL IM», который представляет собой гранулированный препарат микробной 1,3-специфической липазы из *Thermomyces Lanuginosus*, иммобилизованной на силикагеле [5, 6, 21].

«Lipozyme TL IM» (рис. 1) представляет собой сухой гранулированный продукт светло-бежевого цвета, не растворимый в масле. Проявляет механическую стабильность в масле при температурах до 75 °С.

Катализатор «Lipozyme TL IM» имеет следующие характеристики, представленные в таблице 6.

В настоящее время катализатор «Lipozyme TL IM» поставляется в упаковке в виде канистр по 20 кг, которые плотно закрыты в пластмассовых канистрах по 75 кг для более безопасной обработки

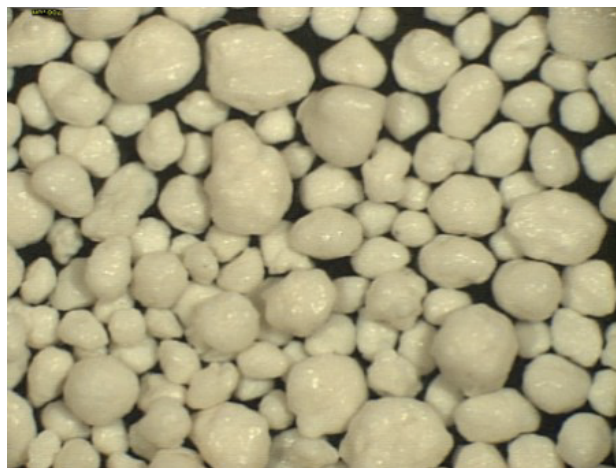


Рисунок 1. Катализатор «Lipozyme TL IM» (гранулы под микроскопом)

Figure 1. Catalyst *Lipozyme TL IM* (microscope image of the granules)

Таблица 6. Характеристика катализатора «Lipozyme TL IM» [23]

Table 6. Characteristics of *Lipozyme TL IM* [23]

Наименование показателя	Значение
Размер частиц, мкм	300–1000
Влажная насыпная плотность (в масле), г/мл	0,42
Истинная плотность, г/мл	1,8

и пониженной влажности. Использованный неактивный фермент можно утилизировать вместе с отбеливающей землей.

На рисунке 2 приведена технологическая схема энзимной переэтерификации [14–16].

Установка состоит из серии работающих в непрерывном режиме реакторов, наполненных препаратами фермента в качестве катализатора. Он имеет также ряд периферийных узлов, таких как специальная система смешения и подачи ферментов, вакуумная установка и другие.

Свежий иммобилизованный фермент содержит около 5 % воды. В связи с этим перед началом переэтерификации был проведен процесс обезвоживания фермента, в результате которого первые две порции масла имели повышенное кислотное число, т. к. каждые 0,1 % влаги в сырье или катализаторе приводят к образованию 1,5 % свободных жирных кислот [7–9, 17].

Для такой обработки фермента в один из реакторов подают партию ферментного препарата, создают давление 0,25–0,5 бар (абсолютное) и проводят деаэрацию препарата в течение нескольких минут. Затем в реактор подают масло с температурой 70 °С для пропитывания ферментного препарата.

Первоначальная скорость подачи масла (первые 20–30 мин) поддерживалась от 250 до 350 кг/ч для обеспечения достаточного пропитывания слоя ферментного препарата без нарушения носителя. Затем скорость подачи насосом постепенно увеличивали до 1200 кг/ч и после заполнения нижней секции реактора маслом (после полного пропитывания фер-

ментного препарата) вакуумный насос отключили, а масло продолжили подавать в реактор для заполнения оставшегося пространства над слоем ферментного препарата.

Процесс обезвоживания ферментного препарата был завершен в момент, когда кислотное число масла достигло постоянной величины. Затем приступили непосредственно к процессу ферментативной переэтерификации.

Для этого смесь масел и жиров, в соответствии с разработанной рецептурой, подготавливали в питающем баке, который оборудован тензометрическими весами. Растительные масла и жиры поочередно подаются в бак, где путем перемешивания при помощи мешалки обеспечивается однородность смеси. Полученная смесь насосом направляется в буферную емкость.

Вся установка работает под вакуумом, который обеспечивается вакуумной системой [10].

Из буферной емкости через расходомер, обеспечивающий постоянно контролируемый поток масла (скорость составляет от 2,5 до 4,0 кг масла на 1 кг фермента), смесь масел поступает в теплообменник, который контролирует температуру масла и поддерживает ее на уровне, не превышающем 70 °С. В теплообменнике используется пар под давлением 0,3 Мпа.

Нагретая до 70 °С, исходная смесь масел и жиров поступает в реакторы, которые работают последовательно. Во время проведения процесса переэтерификации температуру в реакторах поддерживали на уровне не выше 70 °С во избежание инактивации ферментного препарата.

Цилиндрические реакторы снабжены рубашкой, где циркулирует вода за счет работы общего циркуляционного насоса. В реакторе установлен специальный фильтр в виде клиновидных колосников для удержания ферментного препарата. Масло проходит через слой фермента сверху вниз. Скорость подачи масла составляет от 2,5–4,0 кг масла на 1 кг фермента. Насосы обеспечивают подачу масла в следующий реактор.

Реакция переэтерификации заняла около часа. Процесс контролировали по температуре плавления

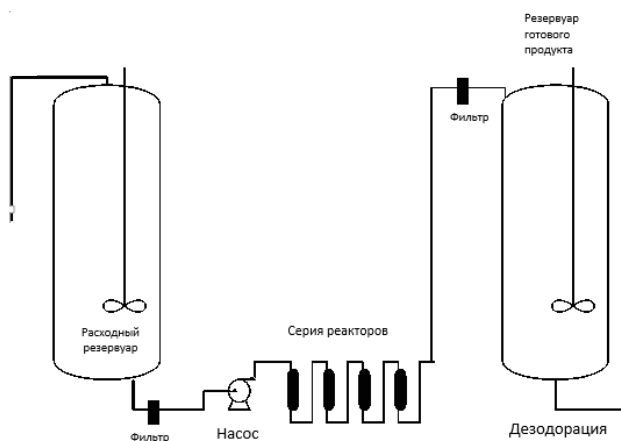


Рисунок 2. Технологическая схема энзимной переэтерификации

Figure 2. Technological scheme of enzyme reesterification

Таблица 7. Физико-химические показатели переэтерифицированных жиров, полученных с применением ферментного препарата «Lipozyme TL IM»

Table 7. Physico-chemical parameters of the reesterified fats obtained with the use of the enzyme preparation *Lipozyme TL IM*

Наименование показателей	Значения показателей	
	Рецептура 1	Рецептура 2
Температура плавления, °С	35,3	35
Содержание ТТГ, %		
5 °С	59,3	58,7
10 °С	56,2	53,3
20 °С	32,47	27,7
30 °С	18,6	10,8
35 °С	1,4	4,5
40 °С	0,5	1
Твердость по Каминскому при 15 °С, г/см	130	138

Таблица 8. Жирнокислотный состав перэтерифицированных жиров

Table 8. Fatty acid composition of the reetherified fats

Наименование жирных кислот	Содержание, %	
	Рецептура 1	Рецептура 2
C 6:0	0,1	0,1
C 8:0	0,9	0,7
C 10:0	0,8	0,6
C 12:0	9,8	7,9
C 14:0	4,4	3,7
C 16:0	36,8	37
C 16:1	0,3	0,2
C 18:0	3,9	4,2
C 18:1 trans	0	0
C 18:1 cis	31,4	28,4
C 18:2	8,9	15,3
C 18:3	2,2	1,4
C 20:0	0,4	0,3
C 22:0	0,1	0,2
Сумма жирных кислот	100	100

перэтерифицированного продукта и содержанию в нем твердых триглицеридов.

После того как ферментный препарат в реакторе утрачивает свою эффективность (т. е. физико-химические показатели исходного сырья не меняются после прохождения через реактор), масло сливают, а ферментный препарат из данного реактора удаляют. Удаление отработанного препарата из реактора осуществляют при помощи промышленного очистителя вакуумного действия, после чего реактор заполняют новой партией ферментного препарата.

Перэтерифицированный жир насосом подают на полировочные фильтры, а затем на окончательный охладитель. Охлажденный перэтерифицированный жир перекачивают в бак для накопления, затем направляют на дезодорацию [11].

Физико-химические показатели перэтерифицированных жиров, полученных с применением ферментного препарата «Lipozyme TL IM», приведены в таблице 7 [12].

Жирнокислотный состав полученных перэтерифицированных жиров приведен ниже в таблице 8.

Как видно из вышеизложенных данных, полученные перэтерифицированные жиры не содержат трансизомеров жирных кислот, их твердость по Каминскому не превышает заданных значений нормативно-технической документации. Следовательно, они могут быть использованы в составе заменителей молочного жира.

Нашей задачей было разработать продукт, полностью удовлетворяющий требованиям ГОСТ 31648-2012. Были учтены требования, предъявляемые к сырью. Ниже приведены рецептуры заменителей молочного жира с указанием массовых долей рецептурных компонентов.

Поскольку к заменителям молочного жира предъявляется ряд достаточно жестких требований по жирнокислотному составу, для достижения показателей,

Таблица 9. Рецептуры разрабатываемых ЗМЖ

Table 9. Formulations of the butterfat substitutes

Наименование сырья	Рецептуры ЗМЖ, %	
	1	2
Перэтерифицированный жир:	100	–
Пальмовый стеарин 60 %		
Пальмоядровое масло 16 %		
Подсолнечное масло 12 %		
Рапсовое масло 12 %		
Перэтерифицированный жир:	–	70
Пальмовый стеарин 60 %		
Пальмоядровое масло 20 %		
Рапсовое масло 20 %		
Подсолнечное масло	–	15
Рапсовое масло	–	15

регламентируемых ГОСТ 31648-2012, в одном из вариантов полученный перэтерифицированный жир был смешан с жидкими растительными маслами. Согласно ТР ТС 024/2011 заменитель молочного жира – это продукт с массовой долей жира не менее 99,0 %, предназначенный для замещения молочного жира в пищевых продуктах, произведенный из немодифицированных и/или модифицированных растительных масел с добавлением или без добавления пищевых добавок. В таблице 10 приведены физико-химические показатели разработанных ЗМЖ.

По требованиям ГОСТ 31648-2012, температура плавления ЗМЖ должна составлять не более 36 °С, продукт должен содержать не более 5 % твердых триглицеридов при 35 °С, не более 65 % массовой доли насыщенных кислот от суммы жирных кислот, в том числе не более 38 % массовой доли пальмитиновой кислоты от суммы жирных кислот. В таблице 11 приведен жирнокислотный состав разработанных ЗМЖ и требования по содержанию и соотношению некоторых жирных кислот.

Согласно ГОСТ 31648-2012. «Заменители молочного жира. Технические условия» и ТР ТС 024/2011 «Технический регламент на масложировую продукцию» ЗМЖ должен обладать чистыми обезличенными вкусом и запахом, иметь однородную пластичную

Таблица 10. Физико-химические показатели разработанных ЗМЖ

Table 10. Physical and chemical characteristics of the developed butterfat substitutes

Наименование показателей	Рецептуры ЗМЖ		Требования ГОСТ 31648-2012
	1	2	
Температура плавления, °С	35	32	27–36
Содержание ТТГ, %			
5 °С	58,7	37,51	–
10 °С	53,3	35,3	–
20 °С	27,7	18,72	–
30 °С	10,8	9,02	–
35 °С	4,6	1,5	Не более 5
40 °С	1	0	

Таблица 11. Жирнокислотный состав заменителей молочного жира

Table 11. Fatty acid composition of the butterfat substitutes

Наименование жирных кислот	Содержание, %		Требования ГОСТ 31648-2012
	Рецептура 1	Рецептура 2	
C 6:0	0,1	0,1	–
C 8:0	0,7	0,6	–
C 10:0	0,6	0,6	–
C 12:0	7,9	6,5	–
C 14:0	3,7	2,9	–
C 16:0	37	28,7	Не более 38
C 16:1	0,2	0,1	–
C 18:0	4,2	3,7	–
C 18:1 trans	0	0	Не более 5
C 18:1 cis	28,4	34,8	–
C 18:2	15,3	18,3	–
C 18:3	1,4	3,1	–
C 20:0	0,3	0,4	–
C 22:0	0,2	0,2	–
Сумма жирных кислот	100	100	–
Отношение полиненасыщенных жирных кислот к насыщенным, не менее	0,3	0,5	0,3
Массовая доля линолевой и линоленовой кислот, %	16,7	21	15,0–25,0
Отношение линолевой кислоты (омега-6) к линоленовой (омега-3)	10,9	5,9	от 5 до 15

Таблица 12. Органолептические показатели ЗМЖ

Table 12. Sensory properties of the butterfat substitutes

Наименование показателя	Характеристика ЗМЖ № 1	Характеристика ЗМЖ № 2
Вкус и запах	Чистый, свойственный обезжиренному жиру	Чистый, свойственный обезжиренному жиру
Консистенция при 12 ± 2 °С	Однородная, плотная, пластичная	Однородная, пластичная
Цвет	Белый, однородный по всей массе	Белый, однородный по всей массе
Прозрачность	Прозрачный в расплавленном состоянии	Прозрачный в расплавленном состоянии

консистенцию при температуре 12 °С. В таблице 12 приведены характеристики полученных заменителей молочного жира.

Полученные образцы заменителей молочного жира полностью соответствуют всем требованиям, предъявляемым к такого рода продукции.

Выводы

Анализ существующих технологий модификации жирового сырья показал, что для получения жиров специального назначения, в частности для производства заменителей молочного жира, наиболее целесообразным представляется проведение процесса переэтерификации, позволяющей получить продукты с регулируемым жирнокислотным и глицеридным составом, а также с прогнозируемыми физико-химическими и структурно-реологическими свойствами. Исследования по получению переэтерифицированных жиров на базе инновационной лаборатории АО «Eu-rasian Foods Corporation» при помощи ферментного катализатора «Lipozyme TL IM» дали положительные результаты. Они позволили получить жиры специального назначения, которые пригодны для использования в составе мас-

ложировых и молочносодержащих продуктов. Переэтерифицированные жиры полностью соответствуют требованиям, предъявляемым к заменителям молочного жира по содержанию и соотношению отдельных жирных кислот и по характеристикам плавления, в частности к содержанию твердых триглицеридов. Полученные результаты свидетельствуют о целесообразности дальнейших исследований и разработок в области расширения ассортимента жировых продуктов с заданными свойствами.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Благодарности

Авторы выражают благодарность сотрудникам инновационной технологической лаборатории АО «Eurasian Foods Corporation», принимавшим участие в практических исследованиях.

Финансирование

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет».

Список литературы

1. Enzymatic transesterification of Jatropha oil / A. Kumari, P. Mahapatra, V. K. Garlapati [et al.] // *Biotechnology for Biofuels*. – 2009. – Vol. 2. DOI: <https://doi.org/10.1186/1754-6834-2-1>.
2. Mathematical modeling of triglyceride transesterification through enzymatic catalysis in a continuous flow bioreactor / A. V. Borgolov, K. V. Gorin, V. M. Pozhidaev [et al.] // *Indian Journal of Science and Technology*. – 2016. – Vol. 9, № 47. DOI: <https://doi.org/10.17485/ijst/2016/v9i47/109081>.
3. A thermo-alkaline lipase from a new thermophile *Geobacillus thermodenitrificans* AV-5 with potential application in biodiesel production / L. P. Christopher, V. P. Zambare, A. Zambare [et al.] // *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*. – 2015. – Vol. 90, № 11. – P. 2007–2016. DOI: <https://doi.org/10.1002/jctb.4678>.
4. Enzymatic transesterification of palm stearin and olein blends to produce zero-trans margarine fat / M. Sellami, H. Ghamgui, F. Frikha [et al.] // *BMC Biotechnology*. – 2012. – Vol. 12. DOI: <https://doi.org/10.1186/1472-6750-12-48>.
5. The development of enzymatic enrichment and separation of ω -3pufas / X.-G. Tian, W. Du, L.-M. Dai [et al.] // *Gao Xiao Hua Xue Gong Cheng Xue Bao/Journal of Chemical Engineering of Chinese Universities*. – 2015. – Vol. 29, № 6. – P. 1285–1292. DOI: <https://doi.org/10.3969/j.issn.1003-9015.2015.06.001>.
6. Engineering and application of enzymes for lipid modification, an update / K. Zorn, I. Oroz-Guinea, H. Brundiek [et al.] // *Progress in Lipid Research*. – 2016. – Vol. 63. – P. 153–164. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plipres.2016.06.001>.
7. Meunier, S. M. Immobilized enzyme technology for biodiesel production / S. M. Meunier, H.-R. Karimnia, R. L. Legge // *Advances in Biofeedstocks and Biofuels, Volume 2: Production Technologies for Biofuels* / L. K. Singh, G. Chaudhary. – John Wiley & Sons, 2016. – P. 67–106. DOI: <https://doi.org/10.1002/9781119117551.ch3>.
8. Sankaran, R. Biodiesel production using immobilized lipase: feasibility and challenges / R. Sankaran, P. L. Show, J.-S. Chang // *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*. – 2016. – Vol. 10, № 6. – P. 896–916. DOI: <https://doi.org/10.1002/bbb.1719>.
9. Fast and economic immobilization methods described for non-commercial *Pseudomonas* lipases / S. Cesarini, B. Infanzón, F. I. J. Pastor [et al.] // *BMC Biotechnology*. – 2014. – Vol. 14. DOI: <https://doi.org/10.1186/1472-6750-14-27>.
10. Synthesis of nanostructured carbon on Ni catalysts supported on mesoporous silica, preparation of carbon-containing adsorbents, and preparation and study of lipase-active biocatalysts / G. A. Kovalenko, T. V. Chuenko, L. V. Perminova [et al.] // *Kinetics and Catalysis*. – 2016. – Vol. 57, № 3. – P. 394–403. DOI: <https://doi.org/10.1134/S002315841603006X>.
11. Influence of dlutaraldehyde cross-linking modes on the recyclability of immobilized lipase B from *Candida antarctica* for transesterification of soy bean oil / I. A. Modenez, D. E. Sastre, F. C. Moares [et al.] // *Molecules*. – 2018. – Vol. 23, № 9. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules23092230>.
12. An overview on vegetable oils and biocatalysis / R. R. de Melo, G. P. Borin, G. K. Zanini [et al.] // *Vegetable Oil: Properties, Uses and Benefits* / B. Holt. – Nova Science Publishers, 2016. – P. 1–24.
13. Mahadevan, G. D. Thermostable lipase from *Geobacillus* sp. Iso5: Bioseparation, characterization and native structural studies / G. D. Mahadevan, S. E. Neelagund // *Journal of Basic Microbiology*. – 2014. – Vol. 54, № 5. – P. 386–396. DOI: <https://doi.org/10.1002/jobm.201200656>.
14. Is there a future for enzymatic biodiesel industrial production in microreactors? / S. Budžaki, G. Miljić, M. Tišma [et al.] // *Applied Energy*. – 2017. – Vol. 201. – P. 124–134. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.05.062>.
15. Lipase-catalyzed process for biodiesel production: enzyme immobilization, process simulation and optimization / X. Zhao, F. Qi, C. Yuan [et al.] // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. – 2015. – Vol. 44. – P. 182–197. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.12.021>.
16. Borrelli, G. M. Recombinant lipases and phospholipases and their use as biocatalysts for industrial applications / G. M. Borrelli, D. Trono // *International Journal of Molecular Sciences*. – 2015. – Vol. 16, № 9. – P. 20773–20840. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms160920774>.
17. Lipase catalysis in organic solvents: advantages and applications / A. Kumar, K. Dhar, S. S. Kanwar [et al.] // *Biological Procedures Online*. – 2016. – Vol. 18, № 1. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12575-016-0033-2>.
18. An overview on the main microbial enzymes in the food industry / C. J. De Andrade, A. E. C. F. B. De Gusmão, A. P. R. Simiqueli [et al.] // *Food Industry: Assessment, Trends and Current Issues* / D. Cunningham. – Nova Science Publishers, 2016. – P. 1–44.
19. Heterogeneous base catalysts for edible palm and non-edible Jatropha-based biodiesel production / H. V. Lee, J. C. Juan, N. F. Binti Abdullah [et al.] // *Chemistry Central Journal*. – 2014. – Vol. 8, № 1. DOI: <https://doi.org/10.1186/1752-153X-8-30>.
20. Ayaz, B. Purification and characterization of organic solvent-tolerant lipase from *Streptomyces* sp. OC119-7 for biodiesel production / B. Ayaz, A. Ugur, R. Boran // *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*. – 2015. – Vol. 4, № 1. – P. 103–108. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2014.11.007>.
21. Highly efficient conversion of plant oil to bio-aviation fuel and valuable chemicals by combination of enzymatic transesterification, olefin cross-metathesis, and hydrotreating / M. Wang, M. Chen, Y. Fang [et al.] // *Biotechnology for Biofuels*. – 2018. – Vol. 11, № 1. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13068-018-1020-4>.
22. Partial purification and characterization of lipase from *Geobacillus stearothermophilus* AH22 / A. P. Ekinçi, B. Dinçer, N. Baltaş [et al.] // *Journal of Enzyme Inhibition and Medicinal Chemistry*. – 2016. – Vol. 31, № 2. – P. 325–331. DOI: <https://doi.org/10.3109/14756366.2015.1024677>.
23. Ramnath, L. Classification of lipolytic enzymes and their biotechnological applications in the pulping industry / L. Ramnath, B. Sithole, R. Govinden // *Canadian Journal of Microbiology*. – 2017. – Vol. 63, № 3. – P. 179–192. DOI: <https://doi.org/10.1139/cjm-2016-0447>.

24. Han, J. Y. Transesterification using the cross-linked enzyme aggregate of *Photobacterium lipolyticum* lipase M37 / J. Y. Han, H. Kim // Journal of Microbiology and Biotechnology. – 2011. – Vol. 21, № 11. – P. 1159–1165. DOI: <https://doi.org/10.4014/jmb.1106.06048>.
25. Kartal, F. Crosslinked aggregates of *Rhizopus oryzae* lipase as industrial biocatalysts: Preparation, optimization, characterization, and application for enantioselective resolution reactions / F. Kartal, A. Kilinc // Biotechnology Progress. – 2012. – Vol. 28, № 4. – P. 937–945. DOI: <https://doi.org/10.1002/btpr.1571>.

References

1. Kumari A, Mahapatra P, Garlapati VK, Banerjee R. Enzymatic transesterification of Jatropha oil. Biotechnology for Biofuels. 2009;2. DOI: <https://doi.org/10.1186/1754-6834-2-1>.
2. Borgolov AV, Gorin KV, Pozhidaev VM, Sergeeva YE, Gotovtsev PM, Vasilov RG. Mathematical modeling of triglyceride transesterification through enzymatic catalysis in a continuous flow bioreactor. Indian Journal of Science and Technology. 2016;9(47). DOI: <https://doi.org/10.17485/ijst/2016/v9i47/109081>.
3. Christopher LP, Zambare VP, Zambare A, Kumar H, Malek L. A thermo-alkaline lipase from a new thermophile *Geobacillus thermodenitrificans* AV-5 with potential application in biodiesel production. Journal of Chemical Technology and Biotechnology. 2015;90(11):2007–2016. DOI: <https://doi.org/10.1002/jctb.4678>.
4. Sellami M, Ghamgui H, Frikha F, Gargouri Y, Miled N. Enzymatic transesterification of palm stearin and olein blends to produce zero-trans margarine fat. BMC Biotechnology. 2012;12. DOI: <https://doi.org/10.1186/1472-6750-12-48>.
5. Tian X-G, Du W, Dai L-M, Liu D-H. The development of enzymatic enrichment and separation of ω -3pufas. Gao Xiao Hua Xue Gong Cheng Xue Bao/Journal of Chemical Engineering of Chinese Universities. 2015;29(6):1285–1292. DOI: <https://doi.org/10.3969/j.issn.1003-9015.2015.06.001>.
6. Zorn K, Oroz-Guinea I, Brundiek H, Bornscheuer UT. Engineering and application of enzymes for lipid modification, an update. Progress in Lipid Research. 2016;63:153–164. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plipres.2016.06.001>.
7. Meunier SM, Kariminia H-R, Legge RL. Immobilized enzyme technology for biodiesel production. In: Singh LK, Chaudhary G, editors. Advances in Biofeedstocks and Biofuels, Volume 2: Production Technologies for Biofuels. John Wiley & Sons; 2016. pp. 67–106. DOI: <https://doi.org/10.1002/9781119117551.ch3>.
8. Sankaran R, Show PL, Chang J-S. Biodiesel production using immobilized lipase: feasibility and challenges. Biofuels, Bioproducts and Biorefining. 2016;10(6):896–916. DOI: <https://doi.org/10.1002/bbb.1719>.
9. Cesarini S, Infanzón B, Pastor FIJ, Díaz P. Fast and economic immobilization methods described for non-commercial *Pseudomonas* lipases. BMC Biotechnology. 2014;14. DOI: <https://doi.org/10.1186/1472-6750-14-27>.
10. Kovalenko GA, Chuenko TV, Perminova LV, Rudina NA. Synthesis of nanostructured carbon on Ni catalysts supported on mesoporous silica, preparation of carbon-containing adsorbents, and preparation and study of lipase-active biocatalysts. Kinetics and Catalysis. 2016;57(3):394–403. DOI: <https://doi.org/10.1134/S002315841603006X>.
11. Modenez IA, Sastre DE, Moares FC, Marques Netto CGC. Influence of dlutaraldehyde cross-linking modes on the recyclability of immobilized lipase B from *Candida antarctica* for transesterification of soy bean oil. Molecules. 2018;23(9). DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules23092230>.
12. de Melo RR, Borin GP, Zanini GK, Neto AAK, Fernandes BS, Contesini FJ. An overview on vegetable oils and biocatalysis. In: Holt B, editor. Vegetable Oil: Properties, Uses and Benefits. Nova Science Publishers; 2016. pp. 1–24.
13. Mahadevan GD, Neelagund SE. Thermostable lipase from *Geobacillus* sp. Iso5: Bioseparation, characterization and native structural studies. Journal of Basic Microbiology. 2014;54(5):386–396. DOI: <https://doi.org/10.1002/jobm.201200656>.
14. Budžaki S, Miljić G, Tišma M, Sundaram S, Hessel V. Is there a future for enzymatic biodiesel industrial production in microreactors? Applied Energy. 2017;201:124–134. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.05.062>.
15. Zhao X, Qi F, Yuan C, Du W, Liu D. Lipase-catalyzed process for biodiesel production: enzyme immobilization, process simulation and optimization. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2015;44:182–197. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.12.021>.
16. Borrelli GM, Trono D. Recombinant lipases and phospholipases and their use as biocatalysts for industrial applications. International Journal of Molecular Sciences. 2015;16(9):20773–20840. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms160920774>.
17. Kumar A, Dhar K, Kanwar SS, Arora PK. Lipase catalysis in organic solvents: advantages and applications. Biological Procedures Online. 2016;18(1). DOI: <https://doi.org/10.1186/s12575-016-0033-2>.
18. De Andrade CJ, De Gusmão AECFB, Simiqueli APR, De Lima EA, Zanini GK, Contesini FJ, et al. An overview on the main microbial enzymes in the food industry. In: Cunningham D, editor. Food Industry: Assessment, Trends and Current Issues. Nova Science Publishers; 2016. pp. 1–44.
19. Lee HV, Juan JC, Binti Abdullah NF, Nizah MF R, Taufiq-Yap YH. Heterogeneous base catalysts for edible palm and non-edible Jatropha-based biodiesel production. Chemistry Central Journal. 2014;8(1). DOI: <https://doi.org/10.1186/1752-153X-8-30>.
20. Ayaz B, Ugur A, Boran R. Purification and characterization of organic solvent-tolerant lipase from *Streptomyces* sp. OC119-7 for biodiesel production. Biocatalysis and Agricultural Biotechnology. 2015;4(1):103–108. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cbab.2014.11.007>.
21. Wang M, Chen M, Fang Y, Tan T. Highly efficient conversion of plant oil to bio-aviation fuel and valuable chemicals by combination of enzymatic transesterification, olefin cross-metathesis, and hydrotreating. Biotechnology for Biofuels. 2018;11(1). DOI: <https://doi.org/10.1186/s13068-018-1020-4>.

22. Ekinci AP, Dinçer B, Baltaş N, Adigüzel A. Partial purification and characterization of lipase from *Geobacillus stearothermophilus* AH22. *Journal of Enzyme Inhibition and Medicinal Chemistry*. 2016;31(2):325–331. DOI: <https://doi.org/10.3109/14756366.2015.1024677>.
23. Ramnath L, Sithole B, Govinden R. Classification of lipolytic enzymes and their biotechnological applications in the pulping industry. *Canadian Journal of Microbiology*. 2017;63(3):179–192. DOI: <https://doi.org/10.1139/cjm-2016-0447>.
24. Han JY, Kim H. Transesterification using the cross-linked enzyme aggregate of *Photobacterium lipolyticum* lipase M37. *Journal of Microbiology and Biotechnology*. 2011;21(11):1159–1165. DOI: <https://doi.org/10.4014/jmb.1106.06048>.
25. Kartal F, Kilinc A. Crosslinked aggregates of *Rhizopus oryzae* lipase as industrial biocatalysts: Preparation, optimization, characterization, and application for enantioselective resolution reactions. *Biotechnology Progress*. 2012;28(4):937–945. DOI: <https://doi.org/10.1002/btpr.1571>.


Сведения об авторах

Терещук Любовь Васильевна

д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры технологии продуктов питания из растительного сырья, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (3842) 39-68-51, e-mail: terechuk_1@mail.ru

Старовойтова Ксения Викторовна

канд. техн. наук, доцент кафедры технологии продуктов питания из растительного сырья, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (3842) 39-68-51, e-mail: centol@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-4012-7570>

Information about the authors

Ljubov V. Tereshchuk

Dr.Sci.(Eng.), Professor, Professor of the Department of Technology of Food from Vegetable Raw Materials, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-51, e-mail: terechuk_1@mail.ru

Ksenia V. Starovoytova

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Department of Technology of Food from Vegetable Raw Materials, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-51, e-mail: centol@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-4012-7570>

Фитохимический потенциал и ингибиторная активность новых сортов зернобобовых культур

А. А. Вебер^{1,*}, С. А. Леонова², Ф. А. Давлетов³

¹ ФГБОУ ВО «Омский государственный аграрный университет им. П. А. Столыпина»,
644008, Россия, г. Омск, Институтская пл., 1

² ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет»,
450001, Россия, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34

³ ФГБНУ «Башкирский НИИ сельского хозяйства»,
450059, Россия, г. Уфа, ул. Рихарда Зорге, 19

Дата поступления в редакцию: 25.03.2019
Дата принятия в печать: 21.06.2019

*e-mail: anna.web@mail.ru



© А. А. Вебер, С. А. Леонова, Ф. А. Давлетов, 2019

Аннотация. Магистральным направлением в расширении ассортимента и повышении качества продуктов здорового питания является использование новых отечественных сортов зерна бобовых культур, отвечающих требованиям современного производства, имеющих низкую активность ингибиторов и высокий фитохимический потенциал. Учитывая отсутствие генных модификаций, высокую пищевую и биологическую ценность, низкую себестоимость, высокий уровень рентабельности, объемы производства зерна, горох и фасоль отечественной селекции имеют высокий потенциал для расширения сырьевой базы пищевой промышленности. Лидером по выращиванию гороха является Республика Башкортостан. Об этом свидетельствует значительное количество сортов (свыше 10), включенных в Государственный реестр селекционных достижений. Селекционерами Омского ГАУ созданы высокоурожайные сорта фасоли с улучшенными потребительскими качествами, адаптированные к условиям сибирского региона. Однако качественные показатели новых сортов мало изучены. Таким образом, актуальность работы заключается в расширении сырьевой базы производства продуктов здорового и функционального питания за счет использования новых селекционных сортов зернобобовых культур, адаптированных к условиям западно-сибирского и уральского регионов. Целью настоящей работы является исследование характеристики зерна бобовых культур продовольственной группы Сибирского и Уральского экотипа с целью расширения информационного банка данных фитохимического потенциала новых селекционных сортов. Материалом для исследования послужили фасоль селекции Омского ГАУ и горох Башкирского НИИСХ (урожаем 2018 г.). Основными задачами исследования явились определение показателей, формирующих пищевую и биологическую ценность сырья: содержания белка, пищевых волокон, наличие и количество макро- и микроэлементов, а также активности ряда ферментов и ингибитора трипсина, в том числе в процессе проращивания.

Ключевые слова. Антиферменты, проращивание, фасоль зерновая, горох посевной, массовая доля белка, ингибитор трипсина, протеолитическая активность, уреазы

Для цитирования: Вебер, А. Л. Фитохимический потенциал и ингибиторная активность новых сортов зернобобовых культур / А. Л. Вебер, С. А. Леонова, Ф. А. Давлетов // Техника и технология пищевых производств. – 2019. – Т. 49, № 2. – С. 281–288. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-2-281-288>.

Original article

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

Phytochemical Potential and Inhibitory Properties of New Varieties of Leguminous Plants

A.L. Veber^{1,*}, S.A. Leonova², F.A. Davletov³

¹ Stolypin Omsk State Agrarian University,
1, Institutskaya square, Omsk, 644008, Russia

² Bashkir State Agrarian University,
34, 50-letiya Oktyabrya Str., Ufa, 450001, Russia

³ Bashkir Research Institute of Agriculture,
19, Rikharda Zorge Str., Ufa, 450059, Russia

Received: March 25, 2019
Accepted: June 21, 2019

*e-mail: anna.web@mail.ru



© A.L. Veber, S.A. Leonova, F.A. Davletov, 2019

Abstract. New varieties of leguminous plants expand the range and improve the quality of healthy food products. The new legumes meet the requirements of modern food production. In addition, they demonstrate low inhibitory properties and possess a high phytochemical potential. Domestic non-GM peas and beans have a high nutritional and biological value; they are cheap, highly profitable, and can be produced in large volumes. Thus, they have a high potential for expanding the raw material base of the food industry. The Republic of Bashkortostan is the leader in pea production: the State Register of Breeding Achievements contains over 10 varieties cultivated by Bashkir scientists. Researchers of the Omsk State Agrarian University have created high-yielding varieties of beans with improved consumer qualities that are adapted to Siberian environment. However, the qualitative indicators of the new varieties remain understudied. The present research expands the raw material base for the production of healthy and functional foods with the new legumes adapted to the conditions of West Siberia and the Urals. The study features the characteristics of legumes of Siberian and Ural ecotype, which helps to expand the information database on the phytochemical potential of the new varieties. The beans were provided by the Omsk State Agrarian University, the peas – by the Bashkir Research Institute of Agriculture (harvest of 2018). The main objectives of the study were to determine the indicators that form the nutritional and biological value of the raw materials: protein content, dietary fiber, the presence and quantity of macro and microelements, enzymes, and trypsin inhibitor, also during germination.

Keywords. Anti-enzymes, germination, grain beans, sowing pea, protein mass fraction, trypsin inhibitor, proteolytic activity of enzymes

For citation: Veber AL, Leonova SA, Davletov FA. Phytochemical Potential and Inhibitory Properties of New Varieties of Leguminous Plants. Food Processing: Techniques and Technology. 2019;49(2):281–288. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-2-281-288>.

Введение

Зерновые бобовые культуры включают в себя горох, сою, нут, люпин, вику, чечевицу и фасоль [1, 2]. В последнее время наибольшее внимание исследователей уделяется сое, нуту и другим менее привычным для нашей страны культурам, продукты переработки которых находят широкое применение в пищевой промышленности. Однако не меньшего внимания заслуживают, традиционно выращиваемые на территории России, такие зернобобовые культуры, как фасоль зерновая и горох посевной. Ежегодно создаются и включаются в Реестр селекционных достижений новые селекционные сорта фасоли и гороха, которые недостаточно изучены с точки зрения их потребительских свойств, способности к комбинированию с иными ингредиентами и пр.

В Омском и Башкирском ГАУ проведены комплексные исследования таких сортов гороха селекции ФГБНУ Башкирский НИИСХ, как «Чишминский 95» (стандарт), «Чишминский 229», «Памяти Хангильдина», «Юлдаш», а также сортов фасоли селекции Омского ГАУ «Омичка», «Лукерья», «Нерусса» (стандарт), позволившие установить существенные сортовые различия. Применительно к исследованным сортам фасоли усовершенствованы технологические приемы переработки указанных культур в продукты питания [3–7].

Химический состав фасоли и гороха позволяет отнести эти культуры к сырью, которое способно обеспечить население основными нутриентами, в том числе белком. Однако пищевую ценность белков фасоли и гороха в значительной степени снижают природные биологически активные антиалиментарные вещества, такие как фитаты, лектины, конденсированные танины, ингибиторы трипсина и α -амилазы, что затрудняет их использование.

Известны методы, способы и технологические приемы, которые снижают активность антиалиментарных веществ. Например, замачивание и последующая обработка ИК-лучами при 70 °С; тепловая обработка при 120–170 °С; экструдирование; бланширование при температуре 100 °С в течение 30 минут и др [8].

Самым простым и доступным методом является проращивание. Применение процесса проращивания не только снижает содержание антиалиментарных веществ, но и позволяет увеличивать фитохимический потенциал зерна [9]. Как проращивание, так и тепловая обработка зерновых и бобовых культур широко используется в настоящее время, но информация о снижении активности ингибиторов носит эпизодический характер.

Объекты и методы исследования

Основные этапы работы выполнены на кафедре продуктов питания и пищевой биотехнологии

Таблица 1. Характеристика объектов исследования

Table 1. Characteristics of the research subjects

Сорт зерна	Код сорта	Регион выращивания	Год урожая
Фасоль			
«Нерусса»	8800626	Западно-сибирский регион, Омская область	2018
«Омичка»	передан в Госсортоиспытание в 2014 году		
«Лукерья»	8954127		
Горох			
«Чишминский 95»	9601708	Уральский регион, Республика Башкортостан	2018
«Чишминский 229»	9610174		
«Памяти Хангильдина»	9154334		
«Юлдаш»	передан в Госсортоиспытание в 2016 году		

ФГБОУ ВО Омского ГАУ, а также на кафедре технологий общественного питания и переработки растительного сырья ФГБОУ ВО Башкирского ГАУ.

В качестве объекта исследования выбрано зерно фасоли селекции ФГБОУ ВО Омский ГАУ (сорт «Омичка», сорт «Лукерья», сорт стандарт «Нерусса») и гороха (сорт «Чишминский 229», сорт «Юлдаш», сорт «Памяти Хангильдина», сорт-стандарт «Чишминский 95») селекции ФГБНУ БНИИСХ урожая 2018 г. Характеристика объектов исследования приведена в таблице 1.

Исследование химического состава, органолептических и физико-химических показателей осуществляли с использованием как общепринятых, современных инструментальных методов анализа, так и специальных методов исследования свойств сырья.

Содержание кальция определяли по ГОСТ 26570-95, железа – по ГОСТ 27998-88, цинка – по ГОСТ 30178-96.

Для оценки безопасности зерна бобовых культур определяли содержание микотоксинов: афлотоксин В₁ (ГОСТ 30711-2001), Т-2 токсин (МУ 3184-84), дезоксиниваленол и зеараленон (МУ 5177-90). Содержание пестицидов в сырье определяли хроматографией в тонком слое (МУ 1218-75), радионуклидов – на спектрометре ДГДК-80В (МУК 2.6.1.717-98).

Для классификации сортов по показателю разваримости использовали метод, разработанный в лаборатории технологической оценки сельскохозяйственных культур ВИРа [10].

Для классификации сортов по показателю разваримость предлагается шкала:

- I группа – отличная (до 90 мин);
- II группа – хорошая (91–124 мин);
- III группа – удовлетворительная (125–161 мин);
- IV группа – неудовлетворительная (162–299 мин).

Для определения химического состава образцов исследовали содержание белка методом Кьельдаля. Содержание липидов определяли по ГОСТ 29033-91. Содержание углеводов определяли фотометрическим методом (ГОСТ 26176-91). Определение клетчатки проводили методом Кюшнера и Ганека. Зольность определяли по ГОСТ Р 51411-99.

Для определения протеаз, гидролизующих N,α-бензоил-DL-аргинин-паранитроанилид (БАПНА,

Sigma, США), использовали метод Эрлангера с модификациями [11].

Активность ингибиторов трипсина определяли по методике Гофмана-Вайсблая с модификациями. Определение проводили аналогично определению ферментативной активности. Буферный раствор содержал 1 мг/мл трипсина.

Для достоверной оценки протеолитической активности ферментов, учитывая что общая протеолитическая активность является суммарным эффектом протеолиза того набора ферментов, который содержится в изучаемых объектах, образцы подвергали температурному воздействию при t = 60 °С, τ = 20 мин, с целью денатурации собственных ферментов, т. е. собственной протеолитической активности в экстрактах не было. Трипсина во всех пробах было одинаковое количество.

При определении активности уреазы в единицах рН на рН-метре использовался метод, основанный на измерении рН фосфатного буферного раствора рН = 6,86, которое изменяется в результате воздействия уреазы на содержащуюся в растворе мочевины.

Статистическая обработка результатов экспериментов, в т. ч. расчет средних величин, стандартного отклонения и доверительного интервала, а также регрессионный анализ и определение достоверности различия выборочных средних проводилась в компьютерной программе MS Excel.

Каждый эксперимент проводили не менее трех раз. Аналитическая повторность опыта при количественных определениях составляла не менее четырех проб для опытного и контрольного образцов. В таблицах приведены средние значения исследованных величин и значения доверительного интервала выборочного среднего.

Результаты и их обсуждение

По органолептическим показателям исследуемые селекционные сорта зерна фасоли и гороха соответствуют требованиям ГОСТ 28674-90. «Горох. Требования при заготовках и поставках» и ГОСТ 7758-75. «Фасоль продовольственная. Технические условия».

Зерно фасоли сорта «Лукерья» крупнее зерна сортов «Омичка» и «Нерусса», но имеет интенсивную черную окраску, интенсивность которой в процессе гидротермической обработки снижается. Зерно фасоли

Таблица 2. Хозяйственно-ценные признаки исследованных образцов бобовых культур (урожай, 2018 г.) [12]

Table 2. Economic characteristics of the legumes (2018) [12]

Сорт бобовых культур	Период вегетации, сут.	Количество бобов с растения, шт	Масса семян с растения, г	Масса 1000 зерен, г	Окраска семян	Разваримость, мин
Фасоль						
«Лукерья»	90	19	28,7	406	Черная	89
«Омичка»	80	19	21,1	362	Белая	82
«Нерусса»	91	20	24,5	232	Белая	100
Горох						
«Чишминский 95»	60–70	27	88	240–274	Желтая	90
«Чишминский 229»	82	25	78	277	Желтая	90
«Памяти Хангильдина»	60–68	35	77	245–250	Желтая	75
«Юлдаш»	65–72	33	60	220–254	Желтая	135

сортов «Омичка» и «Нерусса» окрашены в белый цвет, не меняющийся при гидротермической обработке.

Все сорта гороха имеют желтый цвет разной степени интенсивности и оттенков (с просвечивающими через семенную кожуру семядолями), сохранявшийся в процессе гидротермической обработки.

Технологические свойства зерна бобовых культур оценивали по показателю разваримости. Все сорта фасоли и сорта гороха, за исключением сорта «Юлдаш», отнесены к I группе развариваемости (отличная). Показатели, характеризующие хозяйственно-ценные признаки, приведены в таблице 2.

Анализируя хозяйственно-ценные признаки фасоли и гороха отечественной селекции, следует отметить, что новые сорта обладают достаточно высокой массой 1000 зерен и массой семян с растений. Следовательно, чем выше масса семян с растений, тем больше его масса в единице объема, а значит, в нем содержится больше полезных веществ и, как следствие, больший выход пищевых продуктов.

С целью дальнейшего использования зерна фасоли и гороха провели оценку показателей безопасности, которые нормируются техническим регламентом таможенного союза ТР ТС 015/2011 «О безопасности зерна». В изученных образцах отмечается отсутствие вредных примесей, зараженности вредителями и микотоксинами. Содержание токсичных элементов, радионуклидов и пестицидов не превышало допустимый уровень безопасности. Для характеристики пищевой ценности селекционных сортов гороха и фасоли определяли наличие и количество микроэлементов цинка, кальция, железа и сопоставили полученные результаты с литературными данными (табл. 3) [13].

Несмотря на выявленное преимущество отдельных сортов по ряду качественных признаков, для определения лучших селекционных сортов фасоли и гороха для продовольственного использования необходимо учитывать активность ингибиторов протеаз, имеющую немаловажное значение для потребителя.

Основные регуляторы активности белков – протеазы локализируются в зерне и могут выполнять функцию запасных белков. В зерне фасоли и гороха

присутствуют различные по химическому строению, уровню активности, субстратной специфичности (одноцентровые и двухцентровые) конституционные и индуцированные ингибиторы протеаз, каждый из которых осуществляет специфическую функцию. В клетке они могут находиться как в свободном состоянии, так и в связанном, т. е. в комплексе с ферментом [14, 15]. Действие ингибиторов протеаз неоднозначно. С одной стороны, они обладают способностью образовывать стабильные, обратимые, субстратоподобные комплексы и приводить к подавлению активности протеолитических ферментов. В результате происходит неполное переваривание белков рациона питания, снижается их усвоение организмом [16]. С другой стороны, авторами Ш. Абу-Афифе и др. установлено положительное влияние ингибитора трипсина на организм человека в постоперационном периоде [17].

Мы провели исследования, позволившие выявить сортовые различия активности протеолитических ферментов, гидролизующих субстрат БАПНА, а также активности ингибиторов трипсина и фермента уреазы в селекционных сортах фасоли и гороха. При этом также выявили характер изменения активности протеаз и их ингибиторов при проращивании зерна бобовых культур.

Для проращивания использовали экспериментальную установку «Росинка» [18]. Предварительно подвергнутые гидротермической обработке образцы селекционных сортов зерна фасоли и гороха помещали в устройство для проращивания. Данное устройство позволяет поддерживать оптимальный температурно-влажностный режим для проращивания зерна. Для характеристики процесса в данном устройстве определяли долю проросших зерен, среднее время прорастания и индекс прорастания при условии, что наличие ростка 5–7 мм у 90 % зерна является основным контролируемым показателем.

Процесс проращивания образцов зерна фасоли вели до появления ростка заданного размера в диапазоне автоматического регулирования влажности от 40 до 90 % и температуре 24 °С в течение 17–20 часов.

Таблица 3. Характеристика фитохимического потенциала образцов фасоли и гороха (урожай 2018 г.)

Table 3. Phytochemical potential of the beans and peas (2018)

Сорт	Содержание							
	цинка, мг/кг	кальция, %	железа, мг/кг	белка, %	жира, %	крахмала, %	пищевых волокон, %	зола, %
Фасоль								
Зерно (литературные данные)	32,1	0,150	59,0	21,0	2,0	43,8	12,4	3,6
«Омичка»	36,6	0,03	80,0	21,44	1,4	42,5	14,2	3,5
«Лукерья»	20,9	0,03	57,0	19,40	1,4	44,5	16,3	3,6
«Нерусса» (стандарт)	30,9	0,03	64,0	20,87	1,7	42,0	14,0	4,23
Горох								
Зерно (литературные данные)	31,8	0,115	68,0	20,5	2,0	44,9	11,2	2,8
«Чишминский 95»	21,16	0,02	0,0	23,0	2,1	46,5	6,8	3,6
«Чишминский 229»	20,9	0,02	0,0	18,63	1,6	46,0	7,0	3,6
«Памяти Хангильдина»	21,0	0,17	0,0	22,28	1,9	44,3	6,1	3,01
«Юлдаш»	21,13	0,02	0,0	22,6	1,6	44,19	6,3	2,8

Таблица 4. Протеолитическая активность селекционных сортов фасоли и гороха (урожай 2018 г.) в состоянии покоя зерна и после проращивания

Table 4. Proteolytic activity of the beans and peas (2018) during grain dormancy and after germination

Сорт зерна бобовых культур	Протеолитическая активность непрогретых образцов, Е		Протеолитическая активность прогретых образцов, Е		Протеолитическая активность, собственных протеаз, Е	
	Зерно в состоянии покоя	Проросшее зерно	Зерно в состоянии покоя	Проросшее зерно	Зерно в состоянии покоя	Проросшее зерно
Фасоль						
«Омичка»	166,1	83,05	120,3	60,15	45,8	91,6
«Лукерья»	184,5	102,5	117,3	48,87	65,29	143,3
«Нерусса»	165	71,73	119,8	39,93	35	105
Горох						
«Чишминский 95»	242,2	80,73	140,3	46,67	98,48	196,96
«Чишминский 229»	233,9	64,97	146,6	41,25	110,48	187,86
«Памяти Хангильдина»	200,72	132,43	151,1	75,5	67,72	169,29
Юлдаш	264,86	50,18	136,3	34,05	121,5	125,86

При этом доля проросших зерен составляет 96 %, индекс прорастания равен 9,0. Для образцов зерна гороха процесс проращивания вели в диапазоне автоматического регулирования влажности от 40 до 90 % при температуре 21 °С в течение 13–15 часов до появления ростка 5–7 мм. Доля проросших зерен составляет 97 %, индекс прорастания 9,2.

Ведение процесса проращивания в диапазоне автоматического регулирования влажности от 40 до 90 % и температуре 20–23 °С для образцов зерна фасоли и 18–20 °С для образцов зерна гороха характеризуется низким значением индекса прорастания (для фасоли 8,17, для гороха 8,12). Время проращивания увеличивается для образцов фасоли до 38–42 часов, для образцов гороха до 26–38 часов. При этом доля проросших зерен снижается и составляет 82 % для образцов фасоли и 89 % для гороха.

Ведение процесса проращивания в температурном диапазоне от 24 до 26 °С для образцов зерна фасоли и гороха от 21–23 °С в диапазоне автоматического регулирования влажности от 40 до 90 % приводит к частичной порчи зерна. Наблюдается наибольшее количество не проросших зерен, что не желательно. Время появления ростка 5–7 мм для образцов зерна фасоли составляет 18–22 часов, для образцов зерна гороха 14–17 часов.

Из рассматриваемых условий проращивания активнее всего зерно фасоли прорастает при температуре 24 °С в течение 17–20 часов, зерно гороха при температуре 21 °С в течение 13–15 часов в диапазоне автоматического регулирования влажности от 40 до 90 %. Данные режимы рекомендованы для ведения процесса проращивания с использованием установки «Росинка».

Полученные результаты протеолитической активности, представленные в таблице 4, свидетельствуют о наличии различий между образцами селекционных сортов фасоли и гороха. В таблице приведены результаты ферментативной (протеолитической) активности в присутствии ингибитора (в оптических единицах, Е).

Результаты, приведенные в таблице 4, свидетельствуют о разной активности ингибитора

из экстракта образцов. Чем выше значение в оптических единицах, тем меньше ингибиторная активность. Протеолитическая активность в присутствии ингибиторов трипсина в образцах зерна фасоли оказалась выше, по сравнению с образцами зерна гороха, как в состоянии покоя, так и в пророщенном зерне. Высокая активность ингибиторов трипсина и низкая протеолитическая активность отмечена в образцах гороха сорта «Юлдаш». Низкая активность в состоянии покоя зерна гороха отмечена в образцах сортов «Памяти Хангильдина», «Чишминский 229», «Чишминский 95» от 151,1 до 140,3 оптических единиц соответственно. В пророщенном зерне гороха низкая активность отмечена в образцах «Памяти Хангильдина», «Чишминский 95».

Зерно фасоли сортов «Омичка» и «Нерусса» в состоянии покоя обладает меньшей активностью ингибитора трипсина. В пророщенном зерне наблюдается снижение активности, но наилучшие результаты отмечены у сортов фасоли «Омичка» и «Лукерья».

Протеолитическая активность в присутствии ингибиторов трипсина пророщенного зерна фасоли снижалась во всех образцах, в среднем в 2–2,5 раза, у зерна гороха посевного в 3–4 раза.

Протеолитическая активность собственных протеаз при прорастании зерна фасоли сортов «Омичка», «Лукерья», «Нерусса» увеличивалась, в среднем в 2; 2,19; 3 раза. У всех образцов гороха «Чишминский 95», «Чишминский 229», «Памяти Хангильдина» протеолитическая активность при прорастании, по сравнению с активностью зерна в состоянии покоя, увеличилась в 1,4–2,5 раза, за исключением сорта «Юлдаш», в котором произошли незначительные изменения протеолитической активности собственных протеаз.

Результаты определения активности уреазы приведены в таблице 5.

Установлено, что активность фермента уреазы приближена к нулю во всех исследуемых сортах гороха селекции ФГБНУ Башкирского НИИСХ. Полученные результаты согласуются с данными исследований активности уреазы в других сортах гороха,

Таблица 5. Активность фермента уреазы образцов фасоли и гороха в состоянии покоя, урожай 2018 г.

Table 5. Enzyme urease of the beans and peas during grain dormancy (2018)

Активность уреазы, ед. рН	Сорт						
	Фасоль			Горох			
	«Омичка»	«Лукерья»	«Нерусса»	«Чишминский 95»	«Чишминский 229»	«Памяти Хангильдина»	«Юлдаш»
	0,011	0,02	0,014	0,00	0,00	0,00	0,00

проведенных В. И. Вознян и др [19]. Эти результаты позволяют сделать вывод о следовых количествах данного ингибитора в сортах гороха, независимо от селекционного сорта.

В сортах фасоли «Лукерья», «Омичка», «Нерусса» активность уреазы обнаружена в пределах от 0,011 до 0,02 ед. рН. Исследование активности уреазы в образцах зерна фасоли после проращивания свидетельствуют об остаточных количествах данного фермента.

Таким образом, использование проращивания зерна бобовых культур позволяет снизить активность ингибиторов протеаз на 50–60 %. Результаты протеолитической активности в присутствии ингибиторов трипсина пророщенного зерна бобовых культур не превышают предельно допустимое количество фермента-ингибитора трипсина (не более 0,5 %) указанное в ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции». Также отмечается увеличение протеолитической активности собственных протеаз.

Выводы

1. Все исследованные образцы селекционных сортов фасоли и гороха обладают высоким фитохимическим потенциалом, но характеризуется существенными сортовыми различиями. Сорта имеют высокое содержание белка, пищевых волокон, золы и крахмала. Образцы сортов фасоли селекции Омского ГАУ превосходят по микроэлементарному составу сорта гороха селекции Башкирского НИИСХ. Однако питательная ценность образцов гороха остаётся высокой из-за нулевой активности уреазы и сравнительно низкой активности ингибитора трипсина. По совокупности показателей для производства продуктов питания

целесообразно рекомендовать сорта фасоли «Лукерья» и «Омичка», сорта гороха «Памяти Хангильдина» и «Чишминский 95». Зерно гороха сорт «Юлдаш», несмотря на повышенное содержание белка (22,6 %), отличается высокой активностью ингибиторов трипсина при низкой протеолитической активности и плохой разваримости. Рекомендовано использовать этот сорт для производства комбикормов.

2. Установлены оптимальные параметры гидротермической обработки и проращивания зерна бобовых культур с использованием установки «Росинка». Процесс проращивания фасоли следует вести в диапазоне автоматического регулирования влажности от 40 до 90 % и температуре 24 °С в течение 17–20 часов, для образцов зерна гороха в диапазоне автоматического регулирования влажности от 40 до 90 % и температуре 21 °С в течение 13–15 часов до появления длины ростка 5–7 мм.

3. Доказано, что проращивание фасоли и гороха при установленных параметрах позволяет снизить активность ингибиторов трипсина на 50–60 % от начального значения, что повышает усвояемость и пищевую ценность продуктов на основе зернобобового сырья.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Благодарность

Выражаем благодарность доктору сельскохозяйственных наук, профессору Н. Г. Казыдуб за предоставленные селекционные сорта фасоли.

Список литературы

1. Панкина, И. А. Перспективные направления использования нетрадиционного растительного сырья для создания функциональных пищевых продуктов / И. А. Панкина, Л. М. Борисова // Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Инновационные технологии в производстве функциональные продуктов питания» / Мичуринский государственный аграрный университет. – Мичуринск, 2014. – С. 149–151.
2. Зотиков, В. И. Развитие производства зернобобовых культур в Российской Федерации / В. И. Зотиков, В. С. Сидоренко, Н. В. Грядунова // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2018. – Т. 26, № 2. – С. 4–10. DOI: <https://doi.org/10.24411/2309-348X-2018-10008>.
3. Пат. 2661119С1 Российская Федерация, МПК А23С 9/12. Способ производства сквашенного продукта / Вебер А. Л., Забодалова Л. А., Казыдуб Н. Г. [и др.]; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Омский государственный аграрный университет имени П. А. Столыпина». – № 2017110964; заявл. 31.03.1017; опубл. 11.07.2018; Бюл. № 20. – 7 с.
4. Вебер, А. Л. Изучение возможности использования фасоли зерновой сорта Омского ГАУ и тритикале в составе композитных смесей для функциональных видов хлеба / А. Л. Вебер, Ю. В. Петушкова // Оборудование и технологии пищевых производств: тематический сборник научных работ. – 2017. – Т. 34, № 1. – С. 129–139.
5. Пат. 2599569С1 Российская Федерация, МПК А23Л11/00. Пищевой функциональный продукт из пророщенного зерна фасоли / Вебер А. Л., Буякова А. А., Казыдуб Н. Г. [и др.]; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Омский госу-

- дарственный аграрный университет имени П. А. Столыпина». – № 2015124300/13; заявл. 22.06.2015; опубл. 10.10.2016; Бюл. № 28. – 5 с.
6. Получение биологически активного компонента из пророщенных бобов фасоли с целью его последующего использования / А. Л. Вебер, Н. Г. Казыдуб, С. А. Леонова [и др.] // Хлебопродукты. – 2017. – № 6. – С. 35–38.
7. Пат. 2616864С2 Российская Федерация, МПК А23С9/12. Способ получения кисломолочного напитка / Вебер А. Л., Буякова А. А., Казыдуб Н. Г. [и др.]; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Омский государственный аграрный университет имени П. А. Столыпина». – № 2015124672; заявл. 23.06.2015; опубл. 10.01.2017; Бюл. № 1. – 7 с.
8. Валуева, Т. А. Белки-ингибиторы протеолитических ферментов у растений / Т. А. Валуева, В. В. Мосолов // Прикладная биохимия и микробиология. – 1995. – Т. 31, № 6. – С. 579–589.
9. Шаскольский, В. Антиоксидантная активность прорастающих семян / В. Шаскольский, Н. Шаскольская // Хлебопродукты. – 2007. – № 8. – С. 58–59.
10. Казыдуб, Н. Г. Сравнительная оценка хозяйственно-ценных признаков образцов фасоли (*Phaseolus Vulgaris* L.) и создание на их основе нового селекционного материала для условий южной лесостепи Западной Сибири: монография / Н. Г. Казыдуб, Т. В. Маракаева. – Омск : ФГБОУ ВО «Омский государственный аграрный университет им. П. А. Столыпина», 2015. – 160 с.
11. Соломинцев, М. В. Определение активности ингибиторов протеолитических ферментов в пищевых продуктах / М. В. Соломинцев, М. П. Могильный // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2009. – Т. 307, № 1. – С. 13–16.
12. Казыдуб, Н. Г. Фасоль – перспективная овощная культура для южной лесостепи Западной Сибири / Н. Г. Казыдуб, А. П. Клинг, О. Ю. Гурина // «Современные тенденции в селекции и семеноводстве овощных культур. Традиции и перспективы»: сборник II Международной научно-практической конференции / Всероссийский научно-исследовательский институт селекции и семеноводства овощных культур. – М., 2010. – С. 281.
13. Скурихин, И. М. Химический состав российских продуктов питания / И. М. Скурихин, В. А. Тутельян. – М. : ДеЛи принт, 2002. – 236 с.
14. Леонова, С. А. Ферментативная активность зерна пшеницы различной крупности / С. А. Леонова // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2010. – Т. 314–315, № 2–3. – С. 13–14.
15. Петибская, В. С. Ингибиторы протеолитических ферментов / В. С. Петибская // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 1999. – Т. 252–253, № 5–6. – С. 6–10.
16. Валуева, Т. А. Ингибиторы протеолитических ферментов при абиотических стрессах у растений (обзор) / Т. А. Валуева, В. В. Мосолов // Прикладная биохимия и микробиология. – 2011. – Т. 47, № 5. – С. 501–507.
17. Абу-Афифе, Ш. Применение ингибиторов трипсина при склеропластике у детей и подростков с прогрессирующей близорукостью / Ш. Абу-Афифе, Н. Н. Бушуева, С. Г. Коломийчук // Офтальмологический журнал. – 2005. – № 2. – С. 11–14.
18. Пат. 160896U1 Российская Федерация, МПК А23С 9/12. Устройство для выращивания растений / Алгазин Д. Н., Воробьев Д. А., Забудский А. И. [и др.]; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Омский государственный аграрный университет имени П. А. Столыпина». – № 2015150588/13; заявл. 25.11.2015; опубл. 10.04.2016; Бюл. № 10. – 5 с.
19. Питательная ценность сортов сои, гороха, фасоли и содержание в них антипитательных веществ / В. И. Возиян, М. Г. Таран, М. Д. Якобуца [и др.] // Зернобобовые и крупяные изделия. – 2013. – Т. 5, № 1. – С. 26–29.


References

1. Pankina IA, Borisova LM. Perspektivnye napravleniya ispol'zovaniya netraditsionnogo rastitel'nogo syr'ya dlya sozdaniya funktsional'nykh pishchevykh produktov [Promising areas of use of non-traditional plant materials in functional foods]. Materialy Vseros-siyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii 'Innovatsionnye tekhnologii v proizvodstve funktsional'nye produktov pitaniya' [Proceedings of the All-Russian scientific-practical conference 'Innovative Technologies in the Functional Food Production']; 2014; Michurinsk. Michurinsk: Michurinsk State Agrarian University; 2014. p. 149–151. (In Russ.).
2. Zotikov VI, Sidorenko VS, Gryadunova NV. Development of production of leguminous crops in the Russian Federation. Legumes and groat crops. 2018;26(2):4–10. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24411/2309-348X-2018-10008>.
3. Veber AL, Zabolalova LA, Kazydub NG, Petushkova YuV, Zhiarno M. Sposob proizvodstva skvashennogo produkta [Method of fermented foods production]. Russia patent RU 266119C1. 2018.
4. Veber AL, Petushkova YuV. Izuchenie vozmozhnosti ispol'zovaniya fasoli zernovoy sorta Omskogo GAU i tritikale v sostave kompozitnykh smesey dlya funktsional'nykh vidov khleba [Applicability of beans cultivated in the Omsk State Agrarian University and triticale as part of composite mixtures for functional breads]. Oborudovanie i tekhnologii pishchevykh proizvodstv: tematicheskii sbornik nauchnykh rabot [Equipment and Technology of Food Production: thematic collection of scientific works]. 2017;34(1):129–139. (In Russ.).
5. Veber AL, Buyakova AA, Kazydub NG, de Kastro DKM, Staurskaya NV, da Koshta RM. Pishchevoy funktsional'nyy produkt iz proroshchennogo zerna fasoli [Functional food products from germinated beans]. Russia patent RU 2599569C1. 2016.
6. Veber AL, Kazydub NG, Leonova SA, Zhiarno M. Obtaining biologically active component from germinated beans for further use. Bread products. 2017;(6):35–38. (In Russ.).

7. Veber AL, Buyakova AA, Kazydub NG, de Kastro DKM, da Koshta RM. Sposob polucheniya kislomolochnogo napitka [Fermented milk drinks production method]. Russia patent RU 2616864C2. 2017.
8. Valueva TA, Mosolov VV. Belki-ingibitory proteoliticheskikh fermentov u rasteniy [Protein inhibitors of proteolytic enzymes in plant]. Applied Biochemistry and Microbiology. 1995;31(6):579–589. (In Russ.).
9. Shaskol'skiy V, Shaskol'skaya N. Antioksidantnaya aktivnost' prorstayushchikh semyan [Antioxidant activity of germinating seeds]. Bread products. 2007;(8):58–59. (In Russ.).
10. Kazydub NG, Marakaeva TV. Sravnitel'naya otsenka khozyaystvenno-tsennykh priznakov obraztsov fasoli (*Phaseolus Vulgaris* L.) i sozdanie na ikh osnove novogo selektsionnogo materiala dlya usloviy yuzhnoy lesostepi Zapadnoy Sibiri: monografiya [Comparative evaluation of economic features of bean samples (*Phaseolus Vulgaris* L.) as a basis for a new breeding material fit for the conditions of the Southern forest-steppe of Western Siberia: monograph]. Omsk: Stolypin Omsk State Agrarian University; 2015. 160 p. (In Russ.).
11. Solomintsev MV, Mogilny MP. Determination of proteinase inhibitors activity in food products. News institutes of higher education. Food technology. 2009;307(1):13–16. (In Russ.).
12. Kazydub NG, Kling AP, Gurina OYu. Fasol' – perspektivnaya ovoshchnaya kul'tura dlya yuzhnoy lesostepi Zapadnoy Sibiri [Beans as a promising vegetable for the Southern forest-steppe of Western Siberia]. 'Sovremennye tendentsii v selektsii i semenovodstve ovoshchnykh kul'tur. Traditsii i perspektivy': sbornik II Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii ['Current trends in plant breeding and seed production. Traditions and prospects': Proceedings of the II International Scientific and Practical Conference]; 2010; Moscow. Moscow: All-Russian Research Institute of Vegetable Breeding and Seed-Growing; 2010. pp. 281. (In Russ.).
13. Skurikhin IM, Tutel'yan VA. Khimicheskiy sostav rossiyskikh produktov pitaniya [The chemical composition of Russian food]. Moscow: DeLi print; 2002. 236 p. (In Russ.).
14. Leonova SA. Enzymatic activity of wheat grain with different scale. News institutes of higher education. Food technology. 2010;314–315(2–3):13–14. (In Russ.).
15. Petibskaya VS. Ingibitory proteoliticheskikh fermentov [Proteolytic enzyme inhibitors]. News institutes of higher education. Food technology. 1999;252–253(5–6):6–10. (In Russ.).
16. Mosolov VV, Valueva TA. Inhibitors of proteolytic enzymes under abiotic stresses in plants (review). Applied Biochemistry and Microbiology. 2011;47(5):501–507. (In Russ.).
17. Abu-Afife S, Bushueva NN, Kolomiychuk SG. Primenenie ingibitorov tripsina pri skleroplastike u detey i podrostkov s progressiruyushchey blizorukost'yu [Trypsin inhibitors during scleroplasty in children and adolescents with progressive myopia]. Journal of Ophthalmology. 2005;(2):11–14. (In Russ.).
18. Algazin DN, Vorob'ev DA, Zabudskiy AI, Zabudskaya EA. Ustroystvo dlya vyrashchivaniya rasteniy [Device for growing plants]. Russia patent RU 160896U1. 2016.
19. Vozijan VI, Taran MG, Jakobutsa MD, Avadeny LP. Nutritive value of varieties of soya, peas, dry beans and content of anti-nutritive substances in them. Legumes and groat crops. 2013;5(1):26–29. (In Russ.).

Сведения об авторах

Вебер Анна Леонидовна

канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры продуктов питания и пищевой биотехнологии, ФГБОУ ВО «Омский государственный аграрный университет им. П. А. Столыпина», 644008, Россия, г. Омск, Институтская пл., 1, тел.: +7 (3812) 65-14-54, e-mail: anna.web@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0003-0715-0426>

Леонова Светлана Александровна


д-р. техн. наук, профессор кафедры общественного питания и технологий, ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет», 450001, Россия, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34, e-mail: s.leonova@inbox.ru

Давлетов Фирзинат Агьямович

д-р. сельхоз. наук, заместитель директора по научной работе, ФГБНУ «Башкирский НИИ сельского хозяйства», 450059, Россия, г. Уфа, ул. Рихарда Зорге, 19, e-mail: bniish@rambler.ru

Information about the authors

Anna L. Veber

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Food and Food Biotechnology, Stolypin Omsk State Agrarian University, 1, Institutskaya square, Omsk, 644008, Russia, phone: +7 (3812) 65-14-54, e-mail: anna.web@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0003-0715-0426>

Svetlana A. Leonova

Dr.Sci.(Eng.), Professor of the Department of Technology of Catering and Processing, Bashkir State Agrarian University, 34, 50-letiya Oktyabrya Str., Ufa, 450001, Russia, e-mail: s.leonova@inbox.ru

Firzinat A. Davletov

Dr.Sci.(Agr.), Deputy Director for Science, Bashkir Research Institute of Agriculture, 19, Rikharda Zorge Str., Ufa, 450059, Russia, e-mail: bniish@rambler.ru

Термический анализ в исследовании качества шоколада и кондитерских изделий

А. Л. Верещагин^{1,*}, И. Ю. Резниченко², Н. В. Бычин¹

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

Дата поступления в редакцию: 25.02.2019
Дата принятия в печать: 21.06.2019

*e-mail: val@bti.secna.ru



© А. Л. Верещагин, И. Ю. Резниченко, Н. В. Бычин, 2019

Аннотация. Высокие и нестабильные цены на какао-продукты являются причиной поиска заменителей масла какао и какао-продуктов. В связи с этим обстоятельством необходима разработка методов идентификации подлинности шоколада – одного из наиболее востребованных кондитерских товаров. Методами термического и термомеханического анализа исследованы образцы шоколада, произведенного в странах Евразийского экономического сообщества (Российской Федерации, Республики Казахстан и Республики Беларусь), и сладких плиток, содержащих заменители масла какао. При изучении системы масло какао (МК) – сахара установлено, что образцы, содержащие МК от 10 до 30 %, 60 и 90 %, характеризуются одной полиморфной модификацией глицеридов МК – α -форму с температурой плавления 21–23 °С, а для образцов, содержащих 40, 50, 70 и 80 % МК, обнаружена более термостойкая модификация (β' -модификация) с температурой максимума плавления 27,0–27,5 °С. При этом следует отметить, что положение максимумов пиков плавления глицеридов не постоянны, что не исключает наличия эвтектического эффекта в системе сахара-масло какао. Изученные образцы шоколада РФ и РК прошли стадию темперирования и представляют собой наиболее термостойкую β -модификацию масла какао, но в тоже время образцы шоколада отличаются по температуре плавления: $T_{\max} = 33,9$ °С у образцов шоколада РФ и $T_{\max} = 34,8$ °С для образцов шоколада РК. Ряд образцов шоколада РБ не прошли темперирования и содержат термодинамически неустойчивой α -фазу МК, другие образцы РБ содержат дополнительно β' -фазу МК. Кривые ДСК сладких плиток отличаются от кривых ДСК масла какао и образцов шоколада, что может быть использовано для их идентификации. Установлено, что метод ДСК применим для распознавания индивидуальных особенностей производителя шоколада и его аналогов по параметрам кривой плавления жировой фазы и формы кривой. Метод ТМА дополняет идентификацию определением массовой доли жидкой фазы. Совместное применение методов ДСК и ТМА позволяет оценить качество шоколада, его рецептуру, а также выявить наличие заменителей какао-продуктов в образцах при наличии эталонного образца.

Ключевые слова. Шоколад, термический анализ, дифференциальная сканирующая калориметрия, масло какао, аналоги масла какао, сахара

Для цитирования: Верещагин, А. Л. Термический анализ в исследовании качества шоколада и кондитерских изделий / А. Л. Верещагин, И. Ю. Резниченко, Н. В. Бычин // Техника и технология пищевых производств. – 2019. – Т. 49, № 2. – С. 289–300. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-2-289-300>.

Original article

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

Thermal Analysis in the Quality Study of Chocolate and Confectionery Products

A.L. Vereshchagin^{1,*}, I.Yu. Reznichenko², N.V. Bychin¹

¹ Biysk Technological Institute (branch) of the
Polzunov Altai State Technical University,
27, Trofimova Str., Biysk, 659305, Russia

² Kemerovo State University,
6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia

Received: February 25, 2019
Accepted: June 21, 2019

*e-mail: val@bti.secna.ru



© A.L. Vereshchagin, I.Yu. Reznichenko, N.V. Bychin, 2019

Abstract. High and unstable prices on such cocoa products as cocoa butter have triggered a search for substitutes. Thus, it is necessary to develop identification methods for chocolate authenticity, since chocolate is one of the most popular confectionery products. The present research employed the methods of thermal and thermomechanical analysis to study samples of chocolate produced in the countries of the Eurasian Economic Community (the Russian Federation, the Republic of Kazakhstan, and the Republic of Belarus) and chocolate bars with cocoa butter substitutes. An analysis of the sucrose – cocoa butter (CB) system revealed that samples with CB = 10–30%, 60%, and 90% demonstrated a single polymorphic modification of glycerides CB α -form with a melting point of 21–23°C. The samples with CB = 0%, 50%, 70%, and 80% showed a more heat-resistant modification (β '-modification) with a maximum melting point of 27.0–27.5°C. In addition, the melting peaks of glycerides were found not constant, which may indicate a eutectic effect in the sucrose – CB system. The samples of chocolate produced in the Russian Federation and the Republic of Kazakhstan passed the tempering stage and demonstrated the most heat-resistant β -modification of CB. However, the samples differed in the melting temperature: $T_{\max} = 33.9^\circ\text{C}$ for the Russian chocolate and $T_{\max} = 34.8^\circ\text{C}$ for the samples from Kazakhstan (the Rakhata brand). The samples from Belarus did not pass the tempering and were found to contain a thermodynamically unstable CB α -phase (the Kommunarika factory). The samples produced by the Spartak factory (Gomel, the republic of Belarus) contained an additional CB β '-phase. The differential scanning calorimetry (DSC) curves for chocolate bars with CB substitutes differed from the DSC curves for cocoa butter and chocolate samples. The fact can be used for identification. The DSC method can be used to identify the individual characteristics of the producer of chocolate and its analogues since the parameters of the melting curve of the fat phase and the shape of the curve are individual. The thermomagnetic analysis (TMA) method complemented the identification by determining the mass fraction of the liquid phase. Joint application of DSC and TMA methods allowed the authors to evaluate the quality of chocolate, its formulation, as well as to reveal the presence of cocoa products substitutes in the samples as compared to the reference sample.

Keywords. Chocolate, thermal analysis, differential scanning calorimetry, cocoa butter, cocoa butter analogs, sucrose

For citation: Vereshchagin AL, Reznichenko IYu, Bychin NV. Thermal Analysis in the Quality Study of Chocolate and Confectionery Products. Food Processing: Techniques and Technology. 2019;49(2):289–300. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-2-289-300>.

Введение

Большинство жиров растительного происхождения жидкие по природе. Они отражают ненасыщенную природу образующих их органических кислот. Только некоторые из них являются твердыми. Наиболее известным и наиболее важным представителем этого класса является масло какао (МК). Это основной жировой компонент в шоколаде.

Согласно определению, данному в ГОСТ 31721. «Шоколад. Общие технические условия», шоколад – кондитерское изделие, получаемое на основе какао-продуктов и сахара, в составе которого не менее 35 % общего сухого остатка какао-продуктов, в том числе не менее 18 % МК и не менее 14 % сухого обезжиренного остатка какао-продуктов. В ГОСТ Р 53041-2008. «Изделия и полуфабрикаты кондитерского производства. Термины и определения» дано пояснение к термину «шоколад»: в кондитерских изделиях группы «Шоколад» может быть использо-

вано до 5 % растительных жиров – эквивалентов МК и/или улучшителей какао SOS-типа к общему весу шоколадной массы (без крупных добавок), не изменяя минимальное количество масла какао.

МК является основным сырьевым компонентом шоколада, формирующим его отличительные вкусоароматические свойства. Именно содержание МК является одним из признаков классификации шоколада и определения его вида.

Классификация шоколада по видам и его отличительные особенности состава представлены в таблице 1.

Какао-продукты являются источником таких БАВ, как алкалоид теобромин, ответственный за стимулирующий эффект, а также полифенолов (12–18 масс.% в пересчете на сухое вещество), представленных тремя основными группами: катехины (37 %), антоцианы (4 %) и проантоцианидины (58 %) [2].

МК в шоколаде является непрерывной фазой, связывая нелипидные ингредиенты [3]. Эта непрерывная

Таблица 1. Виды шоколада

Table 1. Types of chocolate

Шоколад	Состав, %				
	Какао-продукты общего сухого остатка какао в пересчете на сухие вещества	Масло какао	Обезжиренного сухого остатка какао	Сухого молочного остатка	Молочный жир
Горький	≥ 55,0	≥ 33,0			
Темный	≥ 40,0	≥ 20,0			
Несладкий		50–58			
Молочный	≥ 25,0	≥ 25,0*	≥ 2,5	≥ 12,0	≥ 2,5
Белый	–	≥ 20,0	–	14,0	≥ 3,5
В порошке –	≥ 29,0	≥ 12,0	≥	≥	≥
С начинкой – шоколад, содержащий 20,0 % и более начинки и 25,0 % и более, отделяемой от начинки наружной части шоколада (оболочки), которая изготовлена из шоколадной массы					

*В сумме с молочным жиром;

*Combined with milk fat.

фаза определяет такие потребительские свойства шоколада, как блеск, хрупкость, термостабильность, вкус и выделение аромата. Используемый жир определяет срок хранения шоколада, а также влияет на появление дефектов в случае неправильного хранения – поседение и миграцию [4].

МК состоит на 98 % из триглицеридов, 1 % свободных жирных кислот, 0,55 % моноглицеридов или диглицеридов, 0,2 % стерола и от 150 до 250 частей на миллион токоферола. МК имеет точку плавления от 32 до 35 °С и содержание твердого жира (SFC, Solid Fat Content) от 71 до 88 % при комнатной температуре около 20 °С. Плавление начинается при температуре 30–32 °С. МК характеризуется высоким градиентом плавления твердой фазы в диапазоне температур от комнатной до температуры человеческого тела, что формирует у МК уникальные органолептические свойства. МК, как и все жиры, характеризуется монотропическим полиморфизмом, когда менее стабильные полиморфные модификации образуются первыми и затем последовательно трансформируются в более устойчивые состояния. Общепринято, что для жиров существуют три основных полиморфных формы, которые обозначают α -, β' -, β - в порядке повышения стабильности. Так, МК может кристаллизоваться в следующих полиморфных формах: γ -форма ($T_{пл.} = 17$ °С – при любых температурах сохраняется очень недолго); α -форма ($T_{пл.} = 21$ – 24 °С – при любых температурах сохраняется недолго); β' -форма ($T_{пл.} = 27$ – 29 °С) при обычных температурах постепенно переходит в наиболее термодинамически устойчивую β -форму ($T_{пл.} = 34$ – 35 °С) [5].

МК состоит из пальмитиновой (P, C16:0), стеариновой (S, C18:0), олеиновой (O, C18:1) и линолевой (L, C18:2) кислот с небольшим количеством лауриновой (La, C12:0) и миристиновой (M, C14:0). МК является одним из наиболее простейших натуральных жиров с преобладанием трех ТГ, но даже оно содержит, по крайней мере, 20 различных ТГ [6].

Своим особым свойствам масло какао обязано строением его триглицеридов (ТГ), так как масло какао исключительно состоит из симметричных ТГ состава – 1,3-динасыщенный-2-ненасыщенный смешанных триглицеридов, таких как POS (36–41 %),

POP (18–23 %) и SOS (23–31 %) [7, 8]. Образующие масло какао глицериды плавятся в достаточно широком диапазоне температур [9]. Данные по температуре плавления глицеридов приведены в таблице 2.

По более поздним данным наиболее устойчивые β -полиморфные формы POP, POS и SOS плавятся при 36,4–36,7 °С, 34,9 °С и 40,8–43,0 °С, а энтальпия их плавления равна 174,4, 176,3 и 178,2 Дж/г [10, 11]. Из представленных выше данных следует, что порядка 15–25 % глицеридов масла какао находится в жидком состоянии при комнатной температуре. Вследствие этого исследовать образцы масла какао и шоколада методами термического анализа необходимо в диапазоне от –100 °С до +100 °С, чтобы изучить плавление всех глицеридов. Е. О. Afoakwa показал, что метод ДСК чувствителен к изменению состава жировой фазы на 3–5 % [12].

Вышеприведенные свойства МК характеризуют их как один из наиболее ценных тропических жиров. Но, несмотря на ряд уникальных свойств МК, использование его на сегодняшний день ограничено комплексом факторов. Среди них: нестабильность урожайности и, как следствие, поставок какао-бобов; сложность их переработки и нестабильность качества, состава и свойств МК, зависящих от климатических условий и ареала произрастания; высокая цена на какао-продукты, а также ее подверженность сильным рыночным колебаниям. Сочетание всех этих факторов и повышающий спрос определило интерес масложировой промышленности к разработке альтернатив МК. Цена на МК растет и из-за растущего спроса в странах Азии [13]. Складывающийся дефицит МК и других какао-продуктов привел к поиску альтернативных жиров с физическими и органолептическими свойствами, похожими на свойства МК, но более доступными по цене, такие как растительные жиры и низкоплавкие жиры животного происхождения (кроличий, куриный, гусиный, утиный, рыбий и свиной) [13–15].

Обычно шоколад содержит 50 % или менее сахарозы, от 30 до 50 % какао-массы и около 30 % жира, включая молочный жир. Содержание МК в жировой составляющей шоколада варьируется в зависимости от типа шоколада, но обычно составляет около 60 %. Например, в горьком шоколаде, согласно ГОСТу, содержание общего сухого остатка какао должно быть не менее 55 %, а количество МК в шоколаде должно быть не менее 33 %. Разрешены к применению и эквиваленты (заменители) МК – растительные твердые масла, но в количестве не более 5 % от общего содержания какао-продуктов (около 15 % жировой фазы). Таким образом, разрешенные аналоги МК – третьи по массовой доле компоненты шоколада после какао-продуктов и сахарозы. Универсальным методом идентификации аналога МК является использование высокоэффективной жидкостной хроматографии и масс-спектрологии.

Условно аналоги МК можно разделить на две основные группы: требующие темперирования (для превращения в наиболее устойчивую термодинамическую структуру) и не требующие темперирования

Таблица 2. Температура плавления глицеридов

Table 2. Melting point of glycerides

Глицерид	М.д., %	$T_{пл.}$, °С
Диолеопальмитин (OPO)	4,0	Жидкие при комнатной температуре
Диолеостеарин (OSO)	4,5	
Олеолинолеопальмитин (OLP)	4,5	
Олеолинолеостеарин (OLS)	4,5	
Свободные жирные кислоты	1,1	
Неомыляемые и другие	0,4	
Дипальмитостеарин (PSP)	2,5	63–68
Олеодистеарин (SOS)	18,5	43,5
Олеодипальмитин (POP)	7,0	29,0
Олеопальмитостеарин (POS)	53,0	34,5

Таблица 3. Аналоги масла какао

Table 3. Analogues of cocoa butter

Группа	Подгруппа	Свойства	Основные глицериды
Масло какао			POP, POS, SOS
Температурируемые жиры	Эквиваленты масла какао (CBE)	близкий к маслу какао состав триглицеридов, смешиваются с ним в любых соотношениях без образования эвтектических смесей: фракционированное пальмовое масло, масло орехов ши и бессиа, плодов масляного дерева, манго, иллипе и др. масла, содержащие 2-олеодинасыщенных триглицеридов (POP, POS, SOS) не менее 65 %. Illipe, Borneo tallow or Tengawang (<i>Shorea</i> spp.); Palm oil (<i>Elaeis guineensis</i> , <i>Elaeis olifera</i>); Sal (<i>Shorea robusta</i>), Shea (<i>Butyrospermum parkii</i>); Kokum gurgi (<i>Garcinia indica</i>); Mango kernel (<i>Mangifera indica</i>) по изменению к директиве EU Directive 2000/36/EC от 3 августа 2003. Добавление этих жиров не должно превышать 5 % в конечном продукте без снижения минимального содержания масла какао или сухих какао-продуктов.	POP, POS, SOS
	Улучшители масла какао (CBI) SOS-типа	имеют более высокое содержание твердого жира, чем масло какао, что повышает содержание твердого жира в смеси, твердость шоколада и устойчивость к поседению при повышенных температурах массовой доли симметричных (2-олеодинасыщенных) триглицеридов, %: от 50 до 70 %	POP, POS, SOS
	Улучшители масла какао (CBI) POP-типа	для производства заменителей масла какао POP-типа применяют масло пальмовое, гидрогенизированные растительные масла, растительные масла, перэтерифицированные растительные масла, их фракции или их смеси, разрешенные к применению в пищевой промышленности. Массовая доля триглицеридов (POP) не менее 50 %.	POP, POS, SOS
Не температурируемые жиры	На основе нелауриновых кислот (CBR)	CBR хорошо смешиваются с молочным жиром при его содержании 10–15 % к жировой фазе и ореховыми маслами. Характеризуются повышенным содержанием олеиновой кислоты (62–76 %) и высоким содержанием изомеризованных кислот (более 30 %).	PEE, SEE
	«Суррогаты» масла какао (CBS)	«Суррогаты» масла какао (CBS) вырабатываются из пальмово-дрового и кокосового масел, подвергнутых гидрогенизации и фракционированию. Достаточно сильно отличаются от масла какао и практически не смешиваются с ним из-за появления эвтектического эффекта, что вызывает смягчение и поседение шоколада. Они содержат до 50 % лауриновой кислоты в составе триглицеридов. Вследствие этого они могут использоваться только в продуктах, не содержащих фермент липазу, так как он отщепляет от триглицеридов лауриновую кислоту, которая придает продукту мыльный привкус.	LaLaLa, LaLaM, LaMM

(кристаллизующиеся в наиболее устойчивой термодинамической структуре). К первой группе относятся: эквиваленты и улучшители МК SOS- (ГОСТ Р 54054-2010. «Эквиваленты масла какао и улучшители масла какао SOS-типа») и POP-типов (ГОСТ Р 54658-2011. «Заменители масла какао POP-типа»). Ко второй группе относятся: заменители МК нетемпературируемые лауринового и нелауринового типов. Свойства аналогов МК приведены в таблице 3.

Из представленных данных следует, что идентифицировать подлинность шоколада с эквивалентами МК можно по составу стеринов, индивидуальных для каждого масла, при использовании нетемпературируемых жиров – по кривым плавления, так как эти добавки более существенно отличаются от масла какао по комплексу физико-химических свойств и способны к образованию эвтектических смесей.

Эвтектическое взаимодействие наблюдается во многих жировых смесях и определяется одним крите-

рием – степень совместимости жиров. Этот тип взаимодействия наблюдается, когда жиры отличаются по их молекулярному объему, форме или полиморфной модификации. Смесью с эвтектическим эффектом будет иметь более низкое содержание твердого жира (SFC), по сравнению с исходными компонентами, демонстрируя тем самым их несовместимость [16]. Совместимость CBSs с маслом какао низкая (менее чем 5 %). Эта низкая совместимость приводит к снижению механической прочности и ускорению процесса жирового поседения в случае использования суррогатов МК (CBS) из природного сырья [7, 17, 18].

При повышенных температурах хранения (21–24 °C) на поверхности шоколада образуется беловатый налет поседения. Добавление определенных жиров в шоколад может существенно замедлить образование налета. Наиболее известный из таких жиров – топленое масло, которое используют как ингредиент в странах, где применение жиров-замене-

телей какао-масла запрещено. Добавление около 4 % такого масла в шоколад обеспечивает максимальную защиту от поседения, а минимально необходимое его количество составляет 2 %. К заметному размягчению шоколада приводит добавление 4 % такого масла, но многие производители предпочитают добавлять 2 %, сохраняя рассыпчатую текстуру своих изделий [19].

Для замены какао-порошка в настоящее время используют какао-веллу, кероб и измельченные виноградные косточки. Какао-велла – оболочка зерна какао. По существующему стандарту ГОСТ 32615-2014. «Какао-бобы. Технические условия» содержание какао-веллы должно быть не более 1,5 %. Такой какао порошок имеет плохие микробиологические показатели и крупитчатую структуру. Его не рекомендуется использовать при производстве продуктов, не проходящих термообработку. Сейчас из какао-веллы производят какао-порошок, который проходит по формальным требованиям ГОСТа. Для сравнения: какао-порошок высшей категории качества сейчас стоит 300 рублей за килограмм. Цена какао-порошка из какао-веллы – 20 рублей за килограмм.

Второй распространенный фальсификат какао порошка – кэроб. Сладкий «кофейный» порошок кэроб получают из сушеных плодов (стручков) субтропического вечнозеленого растения семейства бобовых – рожкового дерева (*Cepatonia siliqua* L.) [20]. Кэроб по внешнему виду мало отличается от какао-порошка. Он имеет специфический сладкий вкус, мало похожий на какао, поэтому кэроб смешивают с какао порошком. Часто для маскировки специфического привкуса в такую смесь вводят ароматизатор. Побочным явлением использования кэроба при производстве кондитерских изделий является сокращение сроков хранения готового изделия, проявляющееся в изменении вкусовых характеристик продукта в процессе хранения.

Виноградные косточки сейчас все меньше используются как частичная замена какао. Присутствующие в них активные вещества вызывают быструю порчу кондитерского изделия [21].

Таким образом, в РФ происходит замена более дорогих какао-продуктов (МК, в первую очередь) в рецептуре продукции на более дешевые компоненты. Увеличение производства изделий с начинками и шоколадной глазурью. Сокращение производства непосредственно самого шоколада с сокращением импорта в Россию всех видов кондитерских изделий (импорт шоколада и шоколадных конфет, импорт печенья, вафель, рулетов и кексов).

Потребление заменителей МК в России с каждым годом увеличивается в условиях активного перехода на заменители и эквиваленты МК.

Таким образом, состав липидной фазы шоколада, выпускаемого в настоящее время, представляет собой комбинированный жировой продукт, содержащий не менее двух компонентов, которые, в свою очередь, состоят из более пятнадцати глицеридов переменного состава, что усложняет определение состава, происхождения и подлинности продукта.

Целью настоящей работы является изучение возможности оценки качества образцов шоколада, выпускаемого производителями Российской Федерации, Республики Казахстан и Республики Беларусь, методами дифференциальной сканирующей калориметрии, дифференциального термического анализа и термомеханического анализа.

Объекты и методы исследования

В качестве объектов исследований использовали:

1. Масло-какао производства Индонезии (расфасовано – ООО «Калатея», г. Москва) и сахарная пудра (ГОСТ 33222-2015) из свекловичного сахара-песка без антислеживающих агентов.

2. Образцы шоколада РФ и РК. Для испытаний в розничной торговле были приобретены образцы шоколада производства РФ (под номерами 6, 7, 11, 14) и РК (под номерами 8–10) с массовой долей какао продуктов (указана в скобках): РК – 8 (65), 9 (70), 10 (80); РФ – 6 (72), 7(40), 11 (55), 14 (55).

3. Образцы шоколада РБ. Объектами исследования явились образцы, произведенные в РБ: 1 – 48,9 %; 35,1/19,9; 2 – 67,6 %; 40,9/22,5; 3 – 67,6 %; 40,9/ 22,5; 4 – 72 %; 39/24,8; 5 – 90 %; 46/28,3. Рядом указаны соответственно массовые доли: какао-продуктов; жиров в т. ч. насыщенных жирных кислот.

4. Сладкие плитки. Объектами исследования явились: образец 12 – сладкая плитка десертная пористая (2,5 % – белки; жиры – 28 %, углеводы – 66 %, энергетическая ценность 530 ккал (2220 кДж)) и образец 13 – молочная кондитерская плитка, содержащая сахар и заменитель масла какао (рафинированное и дезодорированное пальмоядровое масло), соевый лецитин, сухую молочную сыворотку, какао-порошок, ароматизатор «Ваниль», соль. Пищевая ценность – 2,5 % – белки; жиры – 33 %, углеводы – 59 %, энергетическая ценность 540 ккал (2260 кДж).

В работе были использованы такие методы, как:

1. Дифференциальная сканирующая калориметрия. Процесс плавления образцов масла изучался методом дифференциальной сканирующей калориметрии на приборе DSC-60 (Shimadzu, Япония). Масса навески составляла $10,0 \pm 0,5$ мг. Измерительная ячейка охлаждалась жидким азотом до температуры – 100 °С. опыты проводили в температурном диапазоне – 100–50 °С при скорости нагревания 10 °С/мин. опыты проводились в среде азота, расход газа составлял 40 см³/мин. Для балансировки системы использовался α -кварц. Калибровка прибора была проведена по индию ($T_{пл} = 156,6$ °С, $H_f = 28,71$ Дж/г). Расчетные данные были получены с использованием программного обеспечения DSC-60.

2. Метод синхронного термического анализа ДТА-ТГА. Исследование фазовых переходов производилось методом ДТА-ТГА на приборе модели Shimadzu-60 фирмы Shimadzu (Япония) при следующих условиях. Использовался азот 99,999 % степени чистоты и пропускался со скоростью ~40 см³/мин. Масса навески составляла $10,0 \pm 0,5$ мг. опыты проводили в температурном диапазоне от 20 °С до 500 °С при скорости нагревания 10 °С/мин в среде

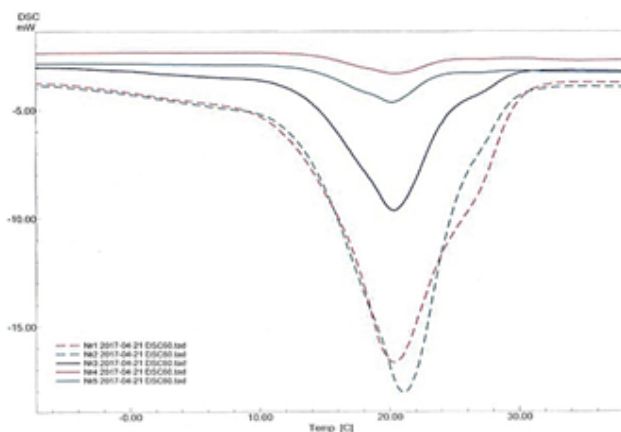


Рисунок 1. Кривые ДСК образцов системы сахара-масло какао: 1 – 10 % МК; 2 – 20 % МК; 3 – 30 % МК; 4 – 40 % МК; 5 – 50 % МК

Figure 1. DSC curves for the samples of the sucrose – CB system: 1 – 10 % CB; 2 – 20 % CB; 3 – 30 % CB; 4 – 40 % CB; 5 – 50 % CB

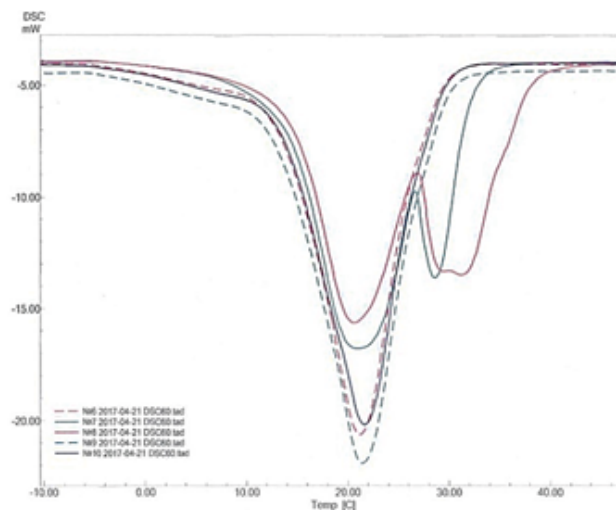


Рисунок 2. Кривые ДСК образцов системы сахара-масло какао: 6 – 60 % МК; 7 – 70 % МК; 8 – 80 % МК; 9 – 90 % МК; 10 – 100 % МК

Figure 2. DSC curves for the samples of the sucrose – CB system: 6 – 60 % CB; 7 – 70 % CB; 8 – 80 % CB; 9 – 90 % CB; 10 – 100 % CB

азота, расход газа составлял 40 см³/мин. Калибровка прибора была проведена по индию ($T_{пл} = 156,6 \text{ }^\circ\text{C}$, $\Delta H_f = 28,71 \text{ Дж/г}$). Расчетные данные были получены с использованием программного обеспечения фирмы Shimadzu.

3. Термомеханический анализ. Исследование механических свойств проводилось методом пенетрации на термомеханическом анализаторе модели ТМА-60 (Shimadzu, Япония). Исследуемый образец помещался в чашечку диаметром 15 мм и высотой 2 мм. Пенетрация проводилась индентором диаметром 5 мм со скоростью нагружения индентора 10 г/мин до максимальной нагрузки 400 г. Опыты проводились в атмосфере азота (расход газа 40 см³/мин) при температуре $20 \pm 0,3 \text{ }^\circ\text{C}$. Расчетные данные были получены с использованием программного обеспечения ТМА-60.

Результаты и их обсуждение

1. Система масло какао – сахара. Какао-масло и сахара являются основными компонентами шоколада. Для исследования их возможного взаимодействия было изучено плавление образцов системы масло-какао – сахара, шаг – 10 мас. %.

Образцы массой 10 г были получены термоциклированием по следующему режиму – 50 °C/30 мин – охлаждение до температуры 20 °C.

Кривые ДСК образцов системы масло-какао – сахара приведены на рисунках 1 и 2.

Из представленных данных следует, что образцы, содержащие МК от 10 до 30 %, 60 % и 90 % характеризуются одной полиморфной модификацией глицеридов МК – α -форму с температурой плавления 21–23 °C, а для образцов, содержащих 40, 50, 70 и 80 % МК, обнаружена более термостойкая модификация (β' -модификация) с температурой максимума плавления 27,0–27,5 °C. При таком режиме терпирования образуются устойчивые низкотемпературные модификации масла какао. Следует отметить, что положение максимумов пиков плавления глицеридов не имеет постоянного значения, что свидетель-

ствует о наличии эвтектического эффекта в системе сахара – масло-какао.

Отметим также, что при плавлении шоколада будет образовываться не «чистая жидкость», а смесь твердых веществ, диспергированных в расплавленной жировой фазе, что вносит существенную погрешность в определение теплоты плавления. В температурном диапазоне 30–38 °C должно происходить плавление примерно 80 % глицеридов масла какао – олеодистеарина (SOS), олеодипальмитина (POP) и олеопальмитостеарина (POS).

2. Образцы шоколада РФ и РК. Кривая ДСК единственного образца шоколада 14, произведенного по ГОСТ, представлена на рисунке 3.

Кривая ДСК этого образца отражает многокомпонентный состав масла какао. Так кривая представляет

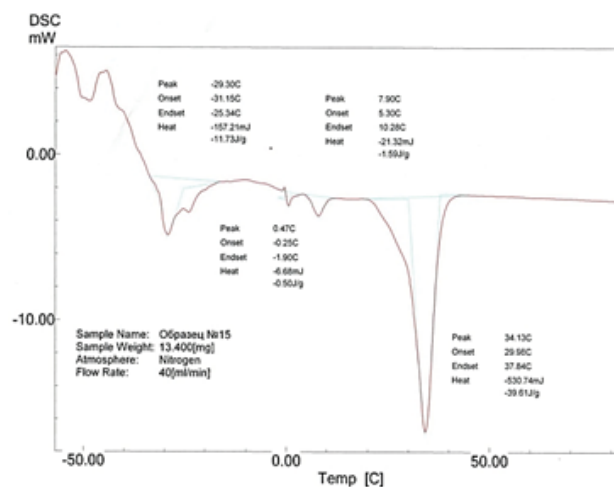


Рисунок 3. Кривая ДСК образца шоколада 14 по ГОСТ (эталон)

Figure 3. DSC curve for the reference sample 14 according to State Standard

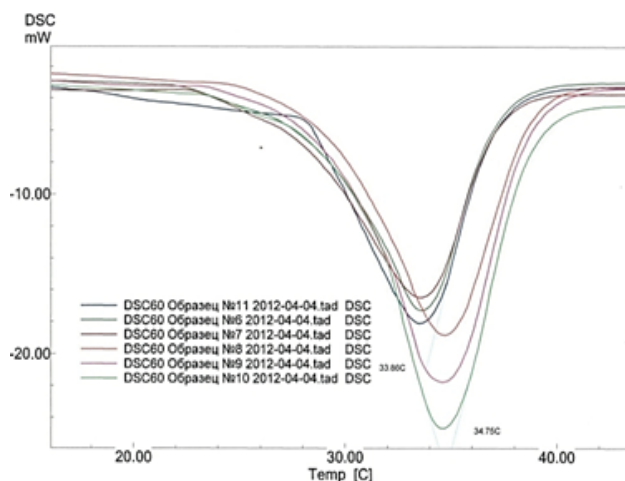


Рисунок 4. Кривые плавления образцов шоколада РФ (6, 7, 11) и РК (8, 9, 10)

Figure 4. Melting curves for the samples of chocolate made in Russia (6, 7, 11) and Kazakhstan (8, 9, 10)

собой композицию шести максимумов плавления групп глицеридов – моно- и диглицериды с максимумами при $-29,3$; -24 ; $+0,5$. Диненасыщенные триглицериды при $7,9$ °С и динасыщенные триглицериды при $34,1$ °С. Всего в масле какао двадцать глицеридов [6]. Наиболее интенсивный эндоэффект плавления с максимумом при $34,1$ °С представляет собой суперпозицию двух эндоэффектов. Если допустить, что теплоемкости глицеридов близки между собой по величине, то доля SOS, POP и POS глицеридов в данном образце составляет $66,4$ %.

Сопоставление кривых плавления образцов шоколада производителей РФ и РК представлено на рисунке 4.

Из представленных данных следует, что эти образцы представляют собой наиболее термостойкую β -модификацию масла какао, но в тоже время образцы шоколада делятся на две группы: 1) группа $T_{max} = 33,9$ °С (шоколад российских фабрик 6, 7, 11); 2)

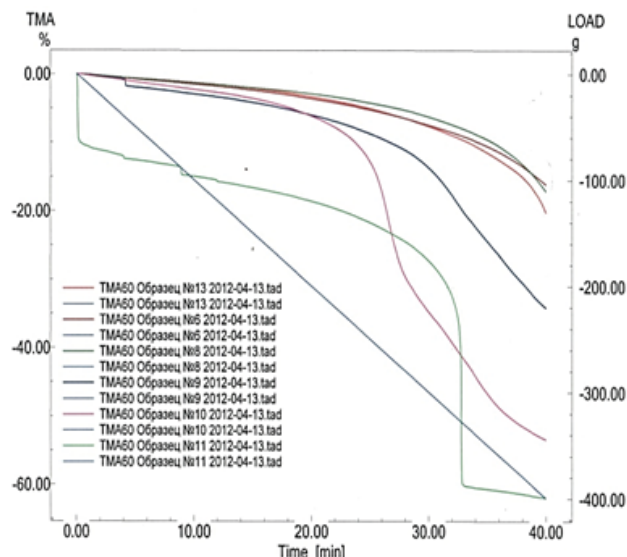


Рисунок 5. Термомеханические кривые образцов шоколада

Figure 5. Thermomechanical curves for the chocolate samples

группа $T_{max} = 34,8$ °С (Казakhstan, шоколад 8, 9, 10). У эталона $T_{пл.} = 33,1$ °С. Различия в температуре плавления обусловлено рецептурой образцов или режимом темперирования. На температуры плавления шоколада может оказывать состав глицеридов и содержание лецитина.

Был проведен статистический анализ данных кривых ДСК образцов (табл. 4).

Из представленных данных следует, что наименьшим коэффициентом вариации характеризуется положение максимума пика плавления, а максимальным – скрытая удельная теплота плавления образца. Можно предположить, что производители шоколада ориентируются при разработке рецептуры на этот показатель. Скрытая удельная теплота плавления образца несет больше информации о составе кондитерского изделия, а также технологии приготовления

Таблица 4. Статистический анализ параметров процесса плавления образцов шоколада РФ и РК

Table 4. Statistical analysis of the melting process parameters for the chocolate samples made in Russia Federation and Kazakhstan

Наименование образца, м.д. какао-продуктов	Параметры процесса плавления					Скрытая удельная теплота плавления, Дж/г
	температура, °С					
	максимума	начала	окончания	диапазон		
8 (65)	33,56	28,72	37,21	8,49	37,41	
9 (70)	33,67	27,21	37,35	10,14	31,57	
10 (80)	34,76	29,23	38,95	9,72	46,99	
Среднее значение	$34,00 \pm 0,66$	$28,39 \pm 1,10$	$37,84 \pm 0,96$	$9,45 \pm 0,86$	$38,66 \pm 7,78$	
коэффициент вариации, %	1,95	3,70	2,55	9,1	20,0	
Наименование образца, м.д. какао-продуктов	Параметры процесса плавления					Скрытая удельная теплота плавления, Дж/г
	температура, °С					
	максимума	начала	окончания	диапазон		
11 (55)	34,65	29,76	38,84	9,08	49,48	
6 (72)	34,70	30,66	38,79	8,13	54,59	
7 (40)	33,46	27,92	37,33	9,41	40,56	
Среднее значение	$33,91 \pm 0,51$	29,44	38,32	8,87	48,21	
коэффициент вариации, %	1,52	4,74	2,24	7,49	14,73	

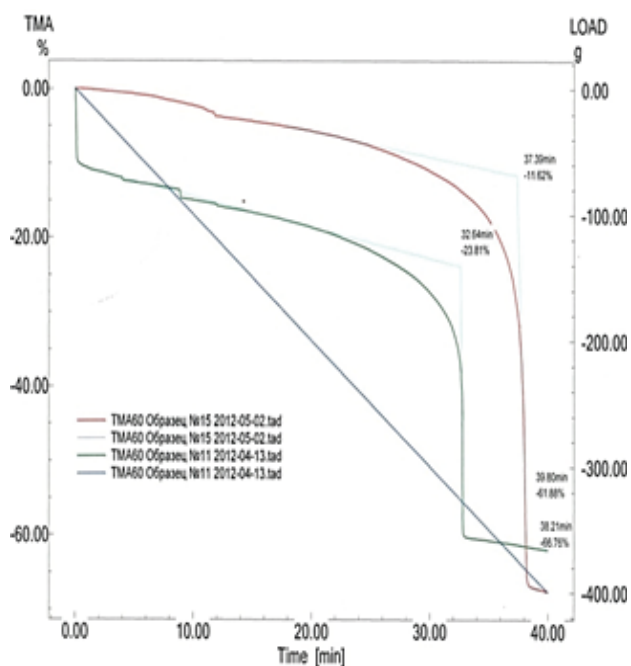


Рисунок 6. Термомеханические кривые образцов шоколада 11 и 14

Figure 6. Thermomechanical curves for chocolate samples 11 and 14

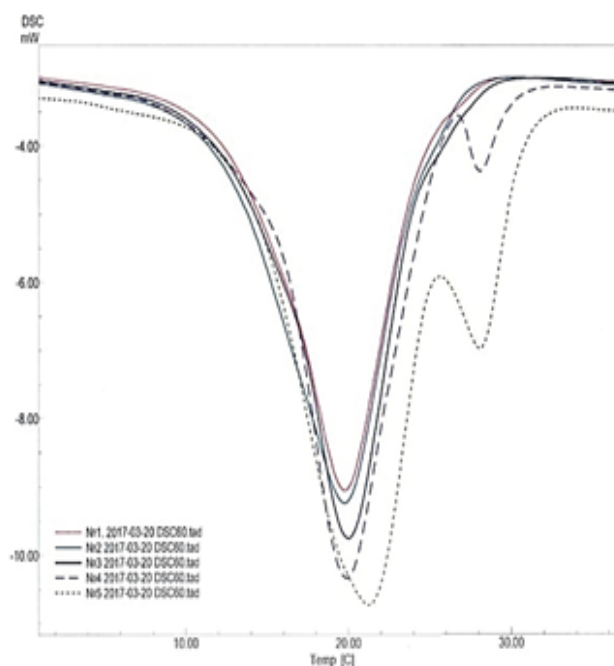


Рисунок 7. Кривые ДСК образцов белорусского шоколада

Figure 7. DSC curves for the Belarusian chocolate samples

и может предоставлять более достоверную информацию о подлинности образцов.

В результате проведения исследований методом ТМА получены кривые, представленные на рисунке 5.

Из рисунка видно, что наиболее пологие графики имеют образцы шоколада 7, 8 и 10, что свидетельствует о наименьшей массовой доле МК в данных образцах.

Сопоставление термомеханических кривых образцов шоколада 11 и 14 приведено на рисунке 6.

Наибольшая доля МК обнаружена у образцов шоколада 11 и 14. Метод ТМА показал, что эти образцы характеризуются повышенной долей МК. Также метод ТМА можно использовать для оценки массовой доли МК в образце шоколада. Из этих данных можно предположить, что в рецептуре образцов шоколада Республики Казахстан 8, 9, 10 используется одна и та же доля МК.

3. Образцы шоколада РБ. Кривые ДСК образцов белорусского шоколада представлены на рисунке 7.

Из представленных данных следует, что температура плавления всех образцов находится в области

20 °С и соответствует термодинамически неустойчивой α -фазе масла какао. Причем образцы 4 и 5 характеризуются двустадийным плавлением. Второй фазой, если судить по максимуму температуры плавления (28,0 °С), является β' -фаза масла какао. Можно предположить, что такой фазовый состав считается недостаточно темперированным.

Был определен модуль сжатия образцов при 10 % деформации (табл. 5).

Из представленных данных следует, что образцы обладают достаточно высоким уровнем прочности. Возможно, это было достигнуто за счет увеличения массовой доли лецитина в составе.

Таблица 5. Модуль сжатия образцов шоколада РБ

Table 5. Compression module for the samples made in Belarus

Образец	E_{10} %, кг/см ²
1	17,8
2	14,8
3	17,7
4	16,4
5	13,2

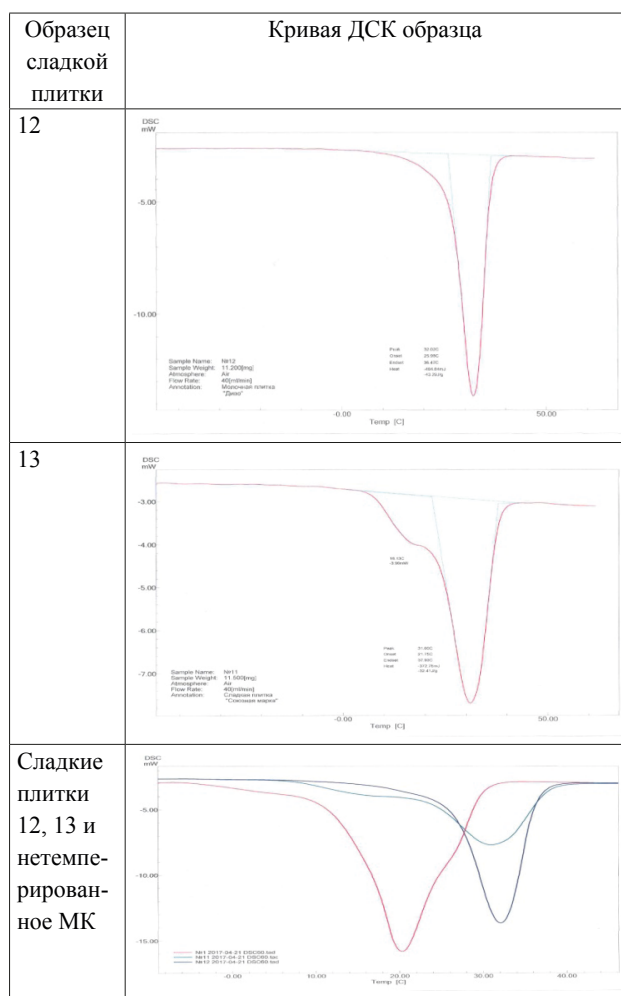
Таблица 6. Зависимость между массовой долей жира и теплотой плавления образцов шоколада РБ

Table 6. Effect of the mass fraction of fat on the melting heat for samples the samples made in Belarus

Образец	м.д. жира, %	Теплота плавления образца, Дж/г	Удельная теплота плавления жира, Дж/г
1	35,1	29,1	82,9
2	40,9	33,8	82,6
3	40,9	32,3	79,0
4	39	34,3	87,9
5	46	42,6	92,6

Таблица 7. Кривые ДСК образцов сладких плиток

Table 7. DSC curves for the samples of chocolate bars with cocoa substitutes



Связь между массовой долей жировой фазы в образцах белорусского шоколада и теплотой плавления представлена в таблице 6.

Анализируя представленные данные можно отметить, что образцы достоверно отличаются по удельной теплоте плавления жира. Этот показатель можно будет использовать для идентификации образцов шоколада.

4. Сладкие плитки.

Кривые ДСК образцов сладких плиток представлены в таблице 7.

Сравнение процесса плавления образцов масла какао и эталонного образца шоколада приведено в таблице 8.

Сопоставляя данные таблиц 6 и 7, можно отметить, что сладкие плитки плавятся при более низкой температуре, чем шоколад. Их скрытая теплота плавления отличается как от шоколада, так и от масла какао. Для идентификации их подлинности можно использовать эти показатели, а также форму кривой ДСК, наиболее полно отражающую их глицеридный состав.

Выводы

Таким образом, метод ДСК применим для распознавания индивидуальных особенностей производителя шоколада и его аналогов по параметрам кривой плавления жировой фазы и формы кривой. Метод ТМА дополняет идентификацию определением массовой доли жидкой фазы. Совместное применение методов ДСК и ТМА позволяет оценить качество шоколада, его рецептуру, а также выявить наличие заменителей какао-продуктов в образцах при наличии эталонного образца.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Таблица 8. Сравнительный анализ процесса плавления образцов сладких плиток

Table 8. Comparative analysis of the melting process for chocolate bars with cocoa substitutes

Образец	Показатели процесса плавления				
	Максимум, °С	Начало, °С	Окончание, °С	Теплота плавления образца, Дж/г	Удельная теплота плавления жира, Дж/г жира
Сладкая плитка 12	32,02	25,96	36,47	43,3	131*
Сладкая плитка 13	31,0	21,75	37,93	32,4	118
Шоколад по ГОСТ – эталон	34,65	29,76	38,84	49,5	150
масло какао нетемперированное	22,30	12,98	29,36	84,4	112**

*Теплота плавления пальмоядрового масла 124 Дж/г [22];

*Melting point of palm kernel oil = 124 J/g [22].

**Полагаем, что массовая доля твердой фазы в МК – 75 %;

**Presumably, mass fraction of the solid phase in CB = 75%.

Список литературы

1. Lau-Cam, C. A. The Absorption, Metabolism, and Pharmacokinetics of Chocolate Polyphenols / C. A. Lau-Cam // Chocolate in Health and Nutrition / R. R. Watson, V. R. Preedy, S. Zibadi. – Totowa, NJ : Humana Press, 2013. – P. 201–246. DOI: https://doi.org/10.1007/978-1-61779-803-0_17.
2. Smith, K. W. Cocoa butter and cocoa butter equivalents / K. W. Smith // Structured and Modified Lipids / F. D. Gunstone. – CRC Press, 2001. – P. 401–422.
3. Norberg, S. Chocolate and confectionery fats / S. Norberg // Modifying lipids for use in food / F. D. Gunstone. – UK : Woodhead Publishing, 2006. – P. 487–516. DOI: <https://doi.org/10.1533/9781845691684>.
4. Минифай, Б. У. Шоколад, конфеты, карамель и другие кондитерские изделия: пер. с англ. / Б. У. Минифай. – СПб. : Профессия, 2008. – 816 с.

5. Hartel, R. W. Fats, Oils and Emulsifiers / R. W. Hartel, J. H. von Elbe, R. Hofberger // Confectionery Science and Technology / R. W. Hartel, J. H. von Elbe, R. Hofberger. – Switzerland, Cham : Springer, 2018. – P. 85–124. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-61742-8_4.
6. Schenk, H. Understanding the structure of chocolate / H. Schenk, R. Peschar // Radiation Physics and Chemistry. – 2004. – Vol. 71, № 3–4. – P. 829–835. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2004.04.105>.
7. Cocoa butter fats and possibilities of substitution in food products concerning cocoa varieties, alternative sources, extraction methods, composition, and characteristics / M. H. A. Jahurul, I. S. M. Zaidul, N. A. N. Norulaini [et al.] // Journal of Food Engineering. – 2013. – Vol. 117, № 4. – P. 467–476. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.09.024>.
8. Чубик, И. А. Справочник по теплофизическим характеристикам пищевых продуктов и полуфабрикатов / И. А. Чубик, А. М. Маслов. – М. : Пищевая промышленность, 1970. – С. 47.
9. Sato, K. Polymorphism in Fats and Oils. Part 1. Edible Oil & Fat Products: Chemistry, Properties, and P. Health Effects / K. Sato, S. Ueno // Bailey's Industrial Oil and Fat Products / F. Shahidi. – John Wiley & Sons, 2015. – P. 77–119. DOI: <https://doi.org/10.1002/047167849X.bio020>.
10. Cebula, D. J. Differential scanning calorimetry of confectionery fats. Pure Triglycerides: Effect of cooling and heating rate variation / D. J. Cebula, K. W. Smith // Journal of the American Oil Chemist's Society. – 1991. – Vol. 68, № 8. – P. 591–595. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02660159>.
11. Cebula, D. J. Differential scanning calorimetry of confectionery fats. Part II: Effects of blends and minor components / D. J. Cebula, K. W. Smith // Journal of the American Oil Chemist's Society. – 1992. – Vol. 69, № 10. – P. 992–998. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02541064>.
12. Afoakwa, E. O. Chocolate science and technology / E. O. Afoakwa. – West Sussex : Wiley-Backwell, 2010. – 296 p. DOI: <https://doi.org/10.1002/9781444319880>.
13. Sonwai, S. Blending of mango kernel fat and palm oil mid-fraction to obtain cocoa butter equivalent / S. Sonwai, P. Kaphueakngam, A. Flood // Journal of Food Science and Technology. – 2014. – Vol. 51, № 10. – P. 2357–2369. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13197-012-0808-7>.
14. Разработка биологически полноценной жировой смеси – заменителя масла какао животного происхождения / С. В. Шахов, И. А. Глотова, А. Е. Куцова [и др.] // «Актуальные проблемы технических наук в России и за рубежом» : сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции / Инновационный центр развития образования и науки. – Новосибирск, 2015. – С. 114–116.
15. Analysis of potential lard adulteration in chocolate and chocolate products using Fourier transform infrared spectroscopy / Y. B. Che Man, Z. A. Syahariza, M. E. S. Mirghani [et al.] // Food Chemistry. – 2005. – Vol. 90, № 4. – P. 815–819. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.05.029>.
16. Bigalli, G. L. Practical aspects of the eutectic effect on confectionery fats and their mixtures / G. L. Bigalli // Manufacturing Confectioner. – 1988. – Vol. 68. – P. 65–80.
17. Williams, S. D. Mixtures of palm kernel oil with cocoa butter and milk fat in compound coatings / S. D. Williams, K. L. Ransom-Painter, R. W. Hartel // Journal of the American Oil Chemists' Society. – 1997. – Vol. 74, № 4. – P. 357–366. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11746-997-0091-3>.
18. Lonchamp, P. Fat bloom in chocolate and compound coatings / P. Lonchamp, R. W. Hartel // European Journal of Lipid Science and Technology. – 2004. – Vol. 106, № 4. – P. 241–274. DOI: <https://doi.org/10.1002/ejlt.200400938>.
19. Lonchamp, P. Surface bloom on improperly tempered chocolate / P. Lonchamp, R. W. Hartel // European Journal of Lipid Science and Technology. – 2006. – Vol. 108, № 2. – P. 159–168. DOI: <https://doi.org/10.1002/ejlt.200500260>.
20. Loullis, A. Carob as cocoa substitute: a review on composition, health benefits and food applications / A. Loullis, E. Pinakoulaki // European Food Research and Technology. – 2018. – Vol. 244, № 6. – P. 959–977. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00217-017-3018-8>.
21. Заменители и фальсификаты какао-порошка. Какао-порошок НМЖК [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.nmgk.ru/blog/ingredient-v-fokuse/choosing-cocoa-powder>. – Дата обращения: 20.01.2019.
22. Noor Lida, H. M. D. DSC study on the melting properties of palm oil, sunflower oil, and palm kernel olein blends before and after chemical interesterification / H. M. D. Noor Lida, K. Sundram, N. A. Idris // Journal of the American Oil Chemists' Society. – 2006. – Vol. 83, № 8. – P. 739–745. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11746-006-5032-z>.

References


1. Lau-Cam CA. The Absorption, Metabolism, and Pharmacokinetics of Chocolate Polyphenols. In: Watson RR, Preedy VR, Zibadi S, editors. Chocolate in Health and Nutrition. Totowa, NJ: Humana Press; 2013. pp. 201–246. DOI: https://doi.org/10.1007/978-1-61779-803-0_17.
2. Smith KW. Cocoa butter and cocoa butter equivalents. In: Gunstone FD, editor. Structured and Modified Lipids. CRC Press; 2001. pp. 401–422.
3. Norberg S. Chocolate and confectionery fats. In: Gunstone FD, editor. Modifying lipids for use in food. UK: Woodhead Publishing; 2006. pp. 487–516. DOI: <https://doi.org/10.1533/9781845691684>.
4. Minifie B. Chocolate, Cocoa and Confectionery: Science and Technology. St. Petersburg: Professija; 2008. pp. 816. (In Russ.).

5. Hartel RW, von Elbe JH, Hofberger R. Fats, Oils and Emulsifiers. In: Hartel RW, von Elbe JH, Hofberger R, editors. *Confectionery Science and Technology*. Switzerland, Cham: Springer; 2018. pp. 85–124. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-61742-8_4.
6. Schenk H, Peschar R. Understanding the structure of chocolate. *Radiation Physics and Chemistry*. 2004;71(3–4):829–835. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2004.04.105>.
7. Jahurul MHA, Zaidul ISM, Norulaini NAN, Sahena F, Jinap S, Azmir J, et al. Cocoa butter fats and possibilities of substitution in food products concerning cocoa varieties, alternative sources, extraction methods, composition, and characteristics. *Journal of Food Engineering*. 2013;117(4):467–476. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.09.024>.
8. Chubik IA, Maslov AM. *Spravochnik po teplofizicheskim kharakteristikam pishchevykh produktov i polufabrikatov* [Manual on the thermophysical characteristics of foods and semi-finished products]. Moscow: Food industry; 1970. 47 p. (In Russ.).
9. Sato K, Ueno S. Polymorphism in Fats and Oils. Part 1. Edible Oil & Fat Products: Chemistry, Properties, and Health Effects. In: Shahidi F, editor. *Bailey's Industrial Oil and Fat Products*. John Wiley & Sons; 2015. pp. 77–119. DOI: <https://doi.org/10.1002/047167849X.bio020>.
10. Cebula DJ, Smith KW. Differential scanning calorimetry of confectionery fats. Pure Triglycerides: Effect of cooling and heating rate variation. *Journal of the American Oil Chemist's Society*. 1991;68(8):591–595. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02660159>.
11. Cebula DJ, Smith KW. Differential scanning calorimetry of confectionery fats. Part II: Effects of blends and minor components. *Journal of the American Oil Chemist's Society*. 1992;69(10):992–998. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02541064>.
12. Afoakwa EO. *Chocolate science and technology*. West Sussex: Wiley-Blackwell; 2010. pp. 296. DOI: <https://doi.org/10.1002/9781444319880>.
13. Sonwai S, Kaphueakngam P, Flood A. Blending of mango kernel fat and palm oil mid-fraction to obtain cocoa butter equivalent. *Journal of Food Science and Technology*. 2014;51(10):2357–2369. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13197-012-0808-7>.
14. Shakhov SV, Glotova IA, Kutsova AE, Melikhov VA. Razrabotka biologicheskoi polnotsennoy zhirovoy smesi – zamenitelya masla kakao zhiivotnogo proiskhozhdeniya [Development of a biologically valuable fat mixture as a substitute for cocoa butter of animal origin]. 'Aktual'nye problemy tekhnicheskikh nauk v Rossii i za rubezhom': sbornik nauchnykh trudov po itogam mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii [Relevant Issues of Technical Sciences in Russia and Abroad': Proceedings of the international scientific and practical conference]; 2015; Novosibirsk. Novosibirsk: Innovation Center for the Development of Education and Science; 2015. p. 114–116. (In Russ.).
15. Che Man YB, Syahariza ZA, Mirghani MES, Jinap S, Bakar J. Analysis of potential lard adulteration in chocolate and chocolate products using Fourier transform infrared spectroscopy. *Food Chemistry*. 2005;90(4):815–819. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.05.029>.
16. Bigalli GL. Practical aspects of the eutectic effect on confectionery fats and their mixtures. *Manufacturing Confectioner*. 1988;68:65–80.
17. Williams SD, Ransom-Painter KL, Hartel RW. Mixtures of palm kernel oil with cocoa butter and milk fat in compound coatings. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 1997;74(4):357–366. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11746-997-0091-3>.
18. Lonchamp P, Hartel RW. Fat bloom in chocolate and compound coatings. *European Journal of Lipid Science and Technology*. 2004;106(4):241–274. DOI: <https://doi.org/10.1002/ejlt.200400938>.
19. Lonchamp P, Hartel RW. Surface bloom on improperly tempered chocolate. *European Journal of Lipid Science and Technology*. 2006;108(2):159–168. DOI: <https://doi.org/10.1002/ejlt.200500260>.
20. Loullis A, Pinakoulaki E. Carob as cocoa substitute: a review on composition, health benefits and food applications. *European Food Research and Technology*. 2018;244(6):959–977. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00217-017-3018-8>.
21. Zameniteli i fal'sifikaty kakao-poroshka. Kakao-poroshok NMZHK [Substitutes and counterfeit cocoa powder. Cocoa powder at the Nizhny Novgorod Oil and Fat Factory] [Internet]. [cited 2019 Jan 20]. Available from: <http://www.nmgk.ru/blog/ingredient-v-fokuse/choosing-cocoa-powder>.
22. Noor Lida HMD, Sundram K, Idris NA. DSC study on the melting properties of palm oil, sunflower oil, and palm kernel olein blends before and after chemical interesterification. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 2006;83(8):739–745. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11746-006-5032-z>.

Сведения об авторах

Верещагин Александр Леонидович


д-р хим. наук, профессор, заведующий кафедрой общей химии и экспертизы товаров, 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: vail@bti.secna.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-4510-720X>

Information about the authors


Alexander L. Vereshchagin

Dr.Sci.(Chem.), Professor, Head of the Department of General Chemistry and Examination of Goods, Biysk Technological Institute (branch) of the Polzunov Altai State Technical University, 27, Trofimova Str., Biysk, 659305, Russia, e-mail: vail@bti.secna.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-4510-720X>


Резниченко Ирина Юрьевна

д-р техн. наук, профессор, заведующая кафедрой управления качеством, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (3842) 39-68-54, e-mail: Irina.Reznichenko@gmail.com

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

Irina Yu. Reznichenko

Dr.Sci.(Eng.), Professor, Head of the Department of Quality Management, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-54, e-mail: Irina.Reznichenko@gmail.com

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

Бычин Николай Валерьевич

ведущий инженер, 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: vail@bti.secna.ru

Nikolai V. Bychin

Leading Engineer, Biysk Technological Institute (branch) of the Polzunov Altai State Technical University, 27, Trofimova Str., Biysk, 659305, Russia, e-mail: vail@bti.secna.ru

Зерновые композиты с комплементарным аминокислотным составом для пищевых и кормовых целей

В. В. Колпакова^{1,*}, Р. В. Уланова², Д. С. Куликов¹,
В. А. Гулакова¹, А. Т. Кадиева³

¹Всероссийский научно-исследовательский институт крахмалопродуктов – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В. М. Горбатова РАН, 410051, Россия, Московская обл., Люберцы, дп. Красково, ул. Некрасова, 11

²Институт микробиологии им. С. Н. Виноградского – ФИЦ «Фундаментальные основы биотехнологии» РАН, 119071, Россия, г. Москва, Ленинский пр., 33

³АО «Новозаймс А/С», 119330, Россия, г. Москва, Ломоносовский пр., 38

Дата поступления в редакцию: 17.04.2019
Дата принятия в печать: 21.06.2019

*e-mail: vnük@arrisp.ru



© В. В. Колпакова, Р. В. Уланова, Д. С. Куликов, В. А. Гулакова, А. Т. Кадиева, 2019

Аннотация. Целью данной работы явилась разработка процессов биотрансформации сыворотки, полученной из тритикалевого экстракта и гороховой муки после выделения из них белковых концентратов повышенной биологической ценности, и получение микробно-растительных концентратов кормового назначения с использованием композиции дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* 121 и дрожжеподобного гриба *Geotrichum candidum* 977. Двухкомпонентные композиты пищевого назначения содержали массовую долю белка 75–80 % на сухое вещество, скор первой и второй лимитирующих аминокислот (лизина и треонина) равен 103–113 %, а третьих (серосодержащих) – 71–72 %. По химическому составу композиты соответствовали группе «Концентраты» со значениями функционально-технологических свойств, характерными для концентратов из других видов зерновых культур. Выявлены культуры микроорганизмов, способные активно развиваться на сыворотке – вторичном продукте переработки экстракта после выделения белков. Составлена симбиотическая закваска из гриба *Geotrichum candidum* 977 и дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* 121, обеспечивающая рост биомассы на углевод- и азотсодержащей среде. Под действием амилазы, глюкоамилазы, целлюлазы и ксиланазы при выделении белков в растворе в 2–4 раза уменьшалось количество высокомолекулярных соединений (декстринов), триоз (раффинозы), освободившихся от взаимодействия с белком и некрахмальными полисахаридами, и в 2–10 раз увеличилось количество глюкозы, дисахаридов, ксилозы, галактозы по сравнению с исходными экстрактами. Сыворотка, остающаяся после удаления основной массы белка, обогащалась низкомолекулярными моно- и олигосахаридами, что положительно отражалось на росте микроорганизмов. Микробно-растительные концентраты с массовой долей белка 55,8–75,1 % на сухое вещество предназначаются для применения в кормопроизводстве в качестве белково-углеводной добавки, а белковые композиты из белка тритикале и гороха с комплементарным аминокислотным составом – для улучшения биологической ценности и показателей технологического качества пищевых изделий.

Ключевые слова. Тритикалевый экстракт, гороховая мука, биотрансформация, белковый концентрат, микробно-растительный концентрат, биологическая ценность

Для цитирования: Зерновые композиты с комплементарным аминокислотным составом для пищевых и кормовых целей / В. В. Колпакова, Р. В. Уланова, Д. С. Куликов [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2019. – Т. 49, № 2. – С. 301–311. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-2-301-311>.

Original article

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

Grain Composites with a Complementary Amino Acid Composition in Food and Fodder

V.V. Kolpakova^{1,*}, R.V. Ulanova², D.S. Kulikov¹, V.A. Gulakova¹, A.T. Kadieva³

¹All-Russian Scientific Research Institute of Starch Products – a branch of the V.M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems of RAS, 11, Nekrasova Str., Moscow region, Kraskovo, 140051, Russia

²S.N. Winogradsky Institute of Microbiology of the Federal Research Center Fundamental Foundations of Biotechnology of RAS,

Received: April 17, 2019

Accepted: June 21, 2019



© V.V. Kolpakova, R.V. Ulanova, D.S. Kulikov, V.A. Gulakova, A.T. Kadieva, 2019

Abstract. The present paper features processes of serum biotransformation. The serum was obtained from triticale extract and pea flour after protein concentrates of increased biological value had been extracted. The research objective was to obtain microbial and vegetable feed concentrates by using a composition of *Saccharomyces cerevisiae* 121 yeast and the yeast-like fungus *Geotrichumcandidum* 977. The mass fraction of protein in the two-component composites was 75–80% of the dry matter. The score of the first and the second limiting amino acids (lysine and threonine) equaled 103–113%, and that of the third acid (sulfur-containing) was 71–72%. The chemical composition of the composites corresponded to the ‘Concentrates’ group; the values of their functional and technological properties were typical of concentrates from other types of grain crops. The study revealed some cultures that are able to actively develop in serum, which is a secondary product of processing the extract after protein isolation. A symbiotic ferment was prepared from the fungus *Geotrichumcandidum* 977 and the yeast *Saccharomyces cerevisiae* 121, which ensures the growth of biomass in a carbohydrate- and nitrogen-containing medium. Proteins were isolated under the action of amylase, glucoamylase, cellulose, and xylanase. The amount of high-molecular compounds (dextrins) and trioses (raffinose) released from the interaction with protein and non-starch polysaccharides decreased 2–4 times in the solution. The amount of glucose, disaccharides, xylose, and galactose increased 2–10 times, compared with the original extracts. The serum remaining after the removal of the main mass of the protein was enriched with low molecular weight mono- and oligosaccharides, which positively affected the growth of microorganisms. The mass fraction of proteins in the microbial-vegetable composite obtained from the extract with the triticale proteins and pea flour ratio of 1:5 was 15% higher than at the ratio of 1:3. Microbial and vegetable concentrates with a mass fraction of protein of 55.8–75.1% of dry matter can be used in fodder production as a protein-carbohydrate additive. Protein composites made of protein triticale and peas with a complementary amino acid composition can improve the biological value and performance of food products.

Keywords. Triticale extract, pea flour, biotransformation, protein concentrate, microbial and vegetable concentrate, biological value

For citation: Kolpakova VV, Ulanova RV, Kulikov DS, Gulakova VA, Kadieva AT. Grain Composites with a Complementary Amino Acid Composition in Food and Fodder. Food Processing: Techniques and Technology. 2019;49(2):301–311. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-2-301-311>.

Введение

Белки являются наиболее важными компонентами в питании человека, так как они расходуются на строительные, каталитические, регуляторные и транспортные функции основных частей тела, органов и тканей организма [1]. Увеличение численности населения планеты позволяет экспертам прогнозировать прогрессирующий дефицит белковой пищи как для пищевых, так и для кормовых целей. Микробиологические процессы пока не обеспечили значительных успехов в получении альтернативных источников пищевых белков. Это повышает роль природных полипептидов и усиливает значимость наукоемких процессов их производства в виде новых форм. Прогрессирующий мировой опыт развития белковой инженерии, знания в области фундаментальных исследований свойств и структуры, с одной стороны, и возрастающая потребность в белках для обеспечения активного образа жизни, уменьшения заболеваний, питания спортсменов, школьников, создания различных видов диет, с другой, создают предпосылки для создания новых технологий пищевых и кормовых белков [2]. В рационах различных животных кормовой белок также обеспечивает сбалансированное питание с достижением количественных и качественных характеристик молока, мяса, рыбы, птицы и с одновременным снижением затрат и повышением рентабельности производства [3].

Белки животного происхождения являются наиболее дорогостоящими ингредиентами. Но мировое

производство злаковых культур уже в ближайшие десятилетия может удовлетворить потребность человека в его питании [4]. Однако часто аминокислотный состав растительных белков не сбалансирован и требует корректировки. Предпочтение отдается соевым белкам при одновременном расширении работ по глубокой переработке других видов растительного сырья (зернобобовые, масличные культуры, отходы переработки фруктов, ягод и т. д.) с выделением более полноценных белков [4, 5]. При этом факторами для выбора сырья являются количество, биологическая ценность, функциональные свойства и безопасность белков. Наряду с производством соевой муки и небольших объемов сухой пшеничной клейковины, современные направления развития перерабатывающей промышленности включают разработку технологий белковых продуктов из альтернативных видов сельскохозяйственного сырья (гороха, нута, амаранта и т.д.) и вторичных продуктов их переработки с применением физических, физико-химических, биохимических и других способов обработки сырья. При этом к перспективным методам получения белковых продуктов следует отнести биотехнологические способы получения белковых композитов (БК) с комбинированным аминокислотным составом (АКС) для повышения биологической ценности, улучшения показателей качества и создания специализированных пищевых продуктов с определенными медико-биологическими свойствами в целях профилактики заболеваний и поддержки здорового образа жизни.

Для крахмалопаточного производства характерно высвобождение значительного количества вторичных продуктов переработки зерновых культур, к которым относятся экстракционные (замочные) воды богатые углеводами, азотистыми и минеральными соединениями [6]. Создание и внедрение безотходного замкнутого цикла производства необходимо, с одной стороны, для извлечения ценных компонентов сырья, превращения их в полезные концентрированные продукты. А с другой стороны, для уменьшения ущерба окружающей среде от жидких выбросов производства. К приемам утилизации экстрактов зерновых культур относится биологическая переработка сырья, способствующая переходу углеводных и других видов компонентов в микробную биомассу, обогащенную белками и другими ценными веществами [7, 8]. Благодаря высокой физиологической активности в процессе биологической рецикликации отходов производств агропромышленного комплекса активно используются дрожжи и микромицеты с получением белковых концентратов пищевого или, чаще, кормового назначения [9–12]. При переработке отходов, содержащих целлюлозу, лигнин и хитин, используют грибы *T. harzianum*, *T. koningii*, *T. reesei*, *T. Longibrachiatum* и т. д. Так, на основе лузги подсолнечника с помощью гриба *T. harzianum* получена кормовая добавка с высоким содержанием каротина (90 мг/кг), витамина С (1,5 мг%) и оптимальным соотношением уксусной, масляной и молочной кислот [13]. Ранее нами был разработан процесс биоконверсии трех вторичных продуктов переработки зерна тритикале на крахмал (экстракт, мезга, сывороточные воды) с дрожжами *Saccharomyces cerevisiae*, одного тритикалевого экстракта с грибом *Pleurotus ostreatus* 23 и сыворотки, остающейся от выделения белкового концентрата, с грибом *Trichosporon pullulans* Y-955 [14, 15]. Микробно-растительные концентраты (МРК) предназначаются для кормовых целей. Максимальное образование биомассы наблюдалось при pH 7,5–8,5. Количество белка в составе препаратов составляло 34–47 % на сухое вещество.

Целью данной работы явилась разработка процессов биотрансформации сыворотки, полученной из тритикалевого экстракта совместно с гороховой мукой после выделения из них белковых концентратов повышенной биологической ценности, и получение микробно-растительных концентратов кормового назначения при использовании композиции дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* 121 и дрожжеподобного гриба *Geotrichum candidum* 977.

Объекты и методы исследования

Тритикалевый экстракт (ТЭ) получали в экспериментальном цехе ВНИИ крахмалопродуктов после замачивания и дробления зерна сортов «Легион», «Бард», «Консул», полученных от Донского зонального НИИ сельского хозяйства, и несортного зерна, поставленного Мглинским крахмальным заводом Брянской области. Усредненный химический состав зерна (% на сухие вещества (СВ)) включал: крахмал – 63,8; белок (N×5,7) – 10,1; жир – 1,5; золу – 1,72;

редуцирующие сахара – 10,0. Дробленое зерно замачивали в $0,15 \pm 0,05$ % растворе диоксида серы в течение 22–45 ч при температуре 49 ± 1 °С и соотношении замочного раствора к массе зерна 2,0–2,5:1. Экстракт, отделенный от замоченного зерна центрифугированием при 4000 мин⁻¹, имел химический состав (в % на СВ): массовая доля СВ – $11,00 \pm 1,05$ %, белка – $20,40 \pm 2,10$ % (N×5,7), сахаров – $10,0 \pm 0,6$ %, золы – $8,0 \pm 0,9$ %, крахмала Б – $35,5 \pm 1,0$ % на СВ, pH – $5,10 \pm 0,1$. Для получения белковых концентратов, наряду с ТЭ, использовали товарную гороховую муку, химический состав которой (в % на СВ) включал: влагу – $8,9 \pm 0,2$; белок – $22,9 \pm 0,6$ (N×6,25); золу – $3,10 \pm 0,20$; жир – $1,70 \pm 0,25$; крахмал – $52,7 \pm 0,61$; другие углеводы – $19,60 \pm 1,01$.

Для выделения белковых концентратов из композиции ТЭ с гороховой мукой использовали ферментные препараты (ФП) компании фирмы Novozymes A/S (Дания): Shearzym 500 L из штамма *Aspergillus oryzae* с грибной ксиланазной активностью 500 ГКА/г и оптимальными условиями действия 65–75 °С, pH 4,5–5,5. В качестве источника целлюлазной, α-амилазной и β-глюканазной активности использовали Viscoferm L, продуцируемый штаммами *Trichoderma* и *Aspergillus* с цитолитической активностью 600 ед/г сырья, оптимумом действия при 50–60 °С и pH 4,8–5,8. В качестве источника α-амилазы использовали Fungamyl 800 L, полученный из плесени *Aspergillus oryzae* (50–60 °С, pH 5,0–6,5), амилоглюкозидазы – AMG 300 L 2500, выделенный из гриба *Aspergillus niger*. Оптимум действия последнего лежал в области 55–60 °С, pH 4,5–5,5. В качестве источника протеаз использовали ФП Distizym Protacid от фирмы «Erbslon». Значения активности ФП использованы от производителей.

Материалом для биотрансформации служили сывороточные воды, образующиеся после выделения основной массы концентрированных белков из смеси ТЭ и гороховой муки последовательным экстрагированием их с ФП и осаждением в изоэлектрической точке [6, 14]. Сыворотка содержала $7,80 \pm 0,30$ % СВ, $15,60 \pm 0,65$ % белков и $26,77 \pm 0,85$ % азотистых веществ (N×6,25), $8,76 \pm 0,62$ золы и углеводов – $56,26 \pm 0,57$ % на СВ. В работе использовали культуры дрожжеподобного гриба *Geotrichum candidum* 977 и дрожжи *Saccharomyces cerevisiae* 121 из коллекции лаборатории выживаемости микроорганизмов Института микробиологии им. С. Н. Виноградского РАН, которые хранили в холодильнике в пробирках с суло-агаром (СА) при температуре 3–4 °С. Филогенетическое положение штамма *Geotrichum candidum* 977 проводили совместно с ФГБУ «ГосНИИгенетика». Идентификацию осуществляли на основе анализа последовательности рибосомальных генов по стадиям:

1. Рассев культуры и получение биомассы для анализа 18S рПНК;
2. Выделение ДНК (Genomic DNA Purification Kit);
3. Идентификация штамма по последовательности 18S рДНК.

Музейные культуры с СА пересеивали в пробирку с сывороткой с последую-

Таблица 1. Аминокислотный скор белков зернового сырья и их композитов

Table 1. Amino acid score of protein of grain raw materials and their composites

Исходный материал	Аминокислоты, скор %		
	Лизин	Треонин	Метионин + Цистин
Тритикалевый экстракт	58 ± 2	76 ± 2	85 ± 1
Гороховая мука	137 ± 1	102 ± 0	54 ± 2
Композит соотношение белков ТЭ: гороховой муки			
1:1	100 ± 0	89 ± 2	70 ± 1
1:3	117 ± 0	99 ± 1	62 ± 2
1:5	122 ± 0	98 ± 2	61 ± 1

щим культивированием ее в течение 24 часа. Затем посевную культуру пересеивали в колбы емкостью 300 см³ с 50 см³ питательной среды и в динамике выращивали на встряхивателе при скорости вращения 150 мин⁻¹, температуре 27 ± 1 °С и рН 6,0. Биомассу от культуральной жидкости отделяли центрифугированием при 3000 мин⁻¹ в течение 10 мин, после чего ее высушивали, так же как и суспензию без отделения биомассы.

Массовую долю белка в продуктах определяли по методу Кьельдаля на приборе фирмы Vuchi (N×6,25) (ГОСТ 10846-91), массовую долю влаги – по ГОСТ 13586.5-93, клетчатки – по ГОСТ 13496.2-91, золы – по ГОСТ 27494-87, жира – по ГОСТ 29033-91, массовую долю СВ – по ГОСТ 12570-98, углеводов в концентратах – по разнице между 100 % и суммой остальных компонентов. Углеводный состав сыворотки и грибных препаратов исследовали на газовом хроматографе марки Shimadzu GC MS 2010 с детектором (GCMS-QP 2010). Идентификацию пиков проводили по библиотеке масс-спектров NIST 11 и по стандартным метчикам: арабинозе, глюкозе, ксилозе, инозите раффинозе, мальтозе и другим химически чистым углеводам. Аминокислотный состав определяли по методике, изложенной в работе [14]. Морфологические особенности и физиологическое состояние мицелия гриба и дрожжей анализировали с помощью микроскопа марки Axioskop 40 FL Zeiss при увеличении ×100 цифровой камерой AxioCamM4Rc. Функциональные свойства белковых композитов определяли по методикам, изложенным в работе [16].

Для определения доверительного интервала среднего арифметического результата 3–5 измерений использовали критерий Стьюдента на уровне значимости $p = 0,05$.

Результаты и их обсуждение

Известно, что белки большинства злаковых культур содержат недостаточное количество лизина и треонина, в то время как в состав зернобобовых эти аминокислоты входят в количестве, соответствующем эталонному белку ФАО/ВОЗ [17]. С другой

стороны, белки злаков способны дополнять аминокислотный состав белков (горох, чечевица, соя и т. д.) незаменимым метионином. С целью получения белковых композитов с улучшенным (комплементарным) АКС предварительно расчетным путем определены количественные соотношения белков для исследуемых продуктов по разработанной нами компьютерной программе на основе метода подсчета Монте-Карло. Для этого использовали литературные данные АКС зерновых культур, массовую долю белка в 100 г продукта и шкалу «эталонного» белка [17–20]. По данной программе рассчитали значения скор и определили соотношения белков для составления композиций из белков ТЭ и гороховой муки, чтобы сбалансировать аминокислотный профиль концентратов по первым (лизину), вторым (треонину) и третьим (серосодержащим) лимитирующим аминокислотам (табл. 1). Видно, что белки ТЭ бедны лизином, треонином, тогда как в белкигороховой муки дефицитны по серосодержащим аминокислотам.

У двухкомпонентных композитов, взятых в количествах, соответствующих соотношению белка ТЭ и гороховой муки, 1:1, наблюдался дефицит треонина (10 %) и серосодержащих аминокислот (30 %), тогда как при соотношении 1:3 и 1:5 по содержанию лизина и треонина обе композиции были сбалансированы, но скор для суммы метионина и цистина не превышал 60 %

С целью использования данных видов сырья для получения композитов с комплементарным АМС первоначально исследовали количественный переход белков гороховой муки в раствор, используя разработанную ранее схему для ТЭ и экстрактов из других зерновых культур [14, 15]. При этом изучили влияние размера частиц муки на переход белка в раствор с применением ФП цитолитического, ксиланазного, амилолитического и протеолитического действия. Использование ФП гидролитического действия обуславливалось задачей: как можно меньше воздействовать на белки щелочью в целях исключения их денатурации и распада аминокислот в процессе их выделения. Поэтому к гороховой муке добавляли водопроводную воду, содержащую целлюлолитические и амилолитический ФП при концентрации 50 ед./г и 2 ед./г СВ соответственно при гидромодуле 1:19 по СВ. Суспензию встряхивали 3 ч при 50 °С и рН 5,0. После чего рН доводили до 4,3, вносили растворы ксиланазы и глюкоамилазы из расчета активности 50 ед./г и 2 ед./г СВ соответственно. Суспензию вновь встряхивали 3 ч при 55 °С, затем ее центрифугировали, белковый раствор сливали, а к остатку добавляли протеолитический ФП из расчета 0,4 ед./г СВ при гидромодуле 1:12, рН 3,0 и температуре 50 °С. Обработку суспензии осуществляли 1 час при тех же условиях. Затем ее центрифугировали. После все белковые растворы объединяли, концентрировали до содержания СВ 16 % при 50 °С и добавляли раствор трансглутаминазы с концентрацией 7 ед./г СВ для агрегации белков [21]. Суспензию выдерживали 30 минут при 50 °С. Затем рН раствора доводили до 3,0–3,5 и центрифугировали его 15 минут

Таблица 2. Влияние размера частиц гороховой муки на выход белков, % от общего в навеске

Table 2. Effect of particle size of pea flour on the yield of proteins, % of the total in the sample

Стадии экстракции белков и реагенты	СВ, %	Размер частиц, мкм	
		237,7	110,4
1 + 2 стадии (целлюлаза, α -амилаза, ксиланаза, глюкоамилаза)	0,75 \pm 0,02	21,46 \pm 1,02	32,9 \pm 0,05
3 стадии (протеаза)	0,70 \pm 0,05	36,2 \pm 0,78	16,5 \pm 0,16
4 стадии (0,05н NaOH)	1,20 \pm 0,04	11,46 \pm 1,04	43,75 \pm 3,02
Итого:	–	68,12 \pm 1,02	93,15 \pm 1,01
Осадок	19,7 \pm 0,08	30,10 \pm 1,07	8,12 \pm 1,08
Итого:	–	98,22 \pm 1,10	101,27 \pm 2,02

при 5000 мин⁻¹. Осадок белков нейтрализовали 5 % раствором NaOH до pH 6,5 \pm 0,1, промывали водой и сушили лиофильным способом.

Выход белков из гороховой муки с размером частиц 110,4 мкм на 37 % был выше, по сравнению с выходом при размере 237,7 мкм, и составлял 93,15 \pm 3,01 % против 68,12 \pm 1,0 %. Гороховая мука с размерами частиц 237,7 мкм и в композиции с ТЭ также обеспечивала относительно низкую растворимость белков (63,51 \pm 1,6 %) (табл. 2). Установлено, что без раствора щелочи в растворенное состояние с ФП переведено белков муки около 50 % от исходного их в сырье, а с ее использованием – свыше 90 %.

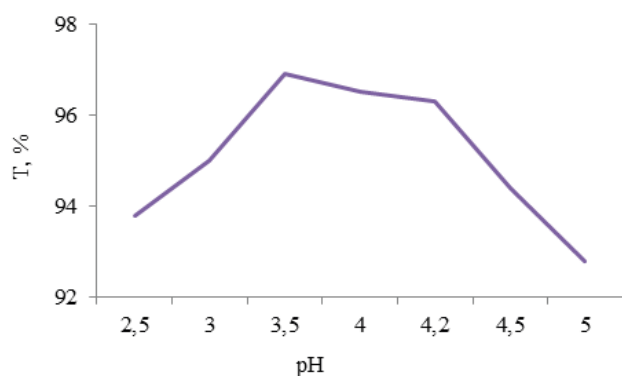
Процесс получения белкового концентрата из ТЭ в комбинации с гороховой мукой, имеющей размер частиц 110,4 мкм, при соотношении белков 1:3 и 1:5 с комплементарным АКС проводили по описанному выше способу. Предварительно для смеси белков тритикале и гороха определили изоэлектрическую точку (pH_I). Значение pH, соответствующее изоэлектрическому состоянию, оценивали по массе

выпавшего осадка белка при различном значении pH и по коэффициенту светопропускания сыворотки при D₆₅₀ нм, остающейся после осаждения белков. Из рисунка 1 видно, что значение pH_I смешанных белков находилось в диапазоне 3,5–4,2, а коэффициент пропускания самый большой отмечен для диапазона pH 3,5–4,5, что включало в себя отдельные значения pH_I для белков тритикале (3,5–4,5) и белков гороха (4,2–4,5).

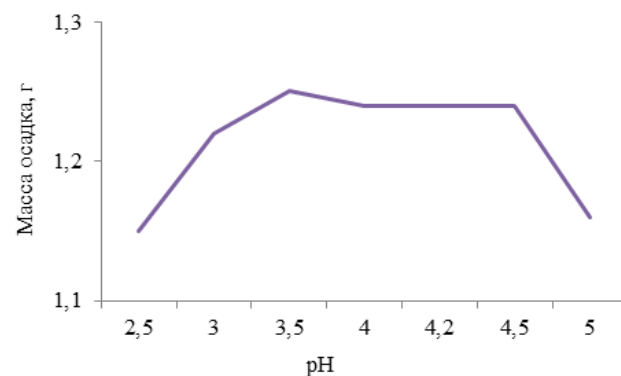
Из данных растворимости белков видно, что при использовании композиций ТЭ с гороховой мукой при соотношении белков 1:3 и 1:5 выход белков в растворе уменьшался, но незначительно, по сравнению с одной гороховой мукой, на 3 \pm 6 %. Это можно было объяснить более высокой молекулярной массой и особенностями фракционного состава белков тритикале, затрудняющих переход полимеров в раствор по сравнению с белками гороха (табл. 2). Видно, что после осаждения белков в изоэлектрической точке, в сывороточных водах оставалось свыше 33 % растворимых азотистых веществ, которые, наряду с углеводами, важны для обеспечения роста микробной композиции из дрожжей и гриба при получении кормовой биомассы.

Показатели химического состава и функциональные свойства лиофильно высушенных двухкомпонентных композитов свидетельствовали о том, что белковые продукты имели высокую массовую долю белка (75–80 % на СВ) и в целом по показателям соответствовали группе «Концентраты» (табл. 3). Анализ АКС белков, при различном их соотношении в композитах, показал, что скор лизина в них повышен в 1,8–1,9 раза, треонина – в 1,3 раза, по сравнению с белками ТЭ, а скор серосодержащих аминокислот – на 33 % по сравнению с белками гороховой муки. Функциональные свойства как и химические показатели БК сходны с показателями образцов сухой пшеничной клейковины [22]. Значительных отличий в исследуемых показателях, в зависимости от соотношения в их составе белков различной природы (1:3 и 1:5), не обнаружено.

Выполнены исследования по микробной модификации углеводов и азотистых соединений сыворотки,



(а)



(б)

Рисунок 1. Зависимость коэффициента пропускания T % (а) и массы осадка (б) от значений pH раствора

Figure 1. Dependence of the transmittance T% (a) and the mass of sediment (b) on the pH values of the solution

Таблица 2. Растворимость белков муки гороха и смеси с ТЭ, % от общего в N×6,25

Table 2. Solubility of proteins of pea flour and mixtures with triticale extract, % of the total in N×6.25

Стадии выделения белков и продукты	Горох	Тритикале: горох (1:3)	Тритикале: горох (1:5)
1 + 2	21,46 ± 0,2	25,99 ± 0,2	27,72 ± 0,3
3	36,20 ± 0,4	29,64 ± 0,2	29,30 ± 0,4
4	11,46 ± 0,9	7,88 ± 0,3	9,02 ± 0,5
Итого:	69,12 ± 1,1	63,51 ± 0,85	66,04 ± 0,9
Остаток	30,88 ± 0,6	36,49 ± 0,5	33,96 ± 0,8
Сыворотка	37,85 ± 1,2	33,77 ± 1,1	33,32 ± 1,0
Осадок белка	31,27 ± 0,9	29,74 ± 0,8	32,30 ± 0,7

образующейся после извлечения белков из ТЭ и гороховой муки, с получением МРК. Углеводный состав экстрактов, выделенных на первых двух первых стадиях ферментативной обработкой зерновой композиции для удаления из них белков, представлен на рисунке 2. Видно, что на 1 стадии под действием амилазы и комплекса цитолитических ферментов резко возрастало количество высокомолекулярных соединений, представленных декстринами с различной молекулярной массой, и триоз, содержащих раффинозу, освободившихся от взаимодействия с белком и некрахмальными полисахаридами. Соответственно уменьшилось количество дисахаридов и глюкозы.

На второй стадии при действии ксиланазы, глюкоамилазы и, вероятно, продолжающемся действии амилазы от 1 стадии, почти в 4 раза уменьшилось количество декстринов и почти в 2 раза – триоз, но в 2 раза увеличилось количество глюкозы, в 10 раз – количество дисахаридов и почти в 5 раз – ксилозы, галактозы.

Следовательно, питательная среда, представляющая собой ферментированный гидролизат, содержащие простые углеводы, была благоприятна для роста симбиотических микроорганизмов и наращивания биомассы, обогащенной белком. Следовательно,

сыворотка, образующаяся после извлечения белка из композиции продуктов переработки зерновых культур, имея качественный углеводный состав, могла быть использована в качестве питательного субстрата для выращивания использованных микроорганизмов.

Для микробиологической переработки зерновой сыворотки были выбраны дрожжи и дрожжеподобный гриб, отличающиеся высокой скоростью роста и устойчивостью к посторонней микрофлоре. Это позволило провести культивирование в асептических условиях в ценную биомассу по составу аминокислот и липидов. Отбор микроорганизмов, способных активно перерабатывать сыворотку от композитов, провели среди дрожжей родов *Rhodotorula*, *Schwanniomyces*, *Pichia*, *Candida*, *Saccharomyces*, *Geotrichum* из коллекции ФГУП ГосНИИ Генетика и лаборатории выживаемости микроорганизмов ИНМИ РАН. Среди испытанных культур сыворотку в качестве питательного субстрата усваивали 5 дрожжевых культур: *Sacch. cerevisiae*, *Sacch. vini*, *Sacch. uvarum*, *Pichia kudriavzevii* 4295, дрожжеподобный гриб *Geotrichum candidum*. Все культуры применялись в пищевой промышленности. Среди отобранных культур наиболее продуктивными явились культуры следующих штаммов: *G. candidum* 977, *Sacch. cerevisiae* 121, и *P. kudriavzevii* 4295. Гриб *G. candidum* 977 выделен в ходе технологического процесса производства крахмала А на стадии замочки зерна тритикале, идентифицирован и депонирован в ФГУП ГосНИИ Генетика. Получение МРК включало следующие стадии: сыворотку перед биотрансформацией в течение 15–20 мин прогревали при температуре 90–95 °С, охлаждали до температуры 28–30 °С и вносили 3 % закваски, состоящей из консорциума гриба *Geotrichum candidum* 977 и дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* 121, взятых в соотношении 1:1. Культуры усваивали новый питательный субстрат в течение 5 суток (рис. 3). Урожайность консорциума достигала максимума к 3–4 суткам выращивания. При этом на сыворотке, образующейся после удаления белков

Таблица 3. Химический состав и функциональные свойства композитов

Table 3. Chemical composition and functional properties of the composites

Соотношение белка ТЭ и гороховой муки	Влажность, %	Массовая доля, % на СВ			
		Белок (N×6.25)	Жир	Зола	Углеводы
1:3	2,90 ± 0,04	80,40 ± 1,03	1,97 ± 0,04	3,53 ± 0,06	14,10 ± 1,0
1:5	4,80 ± 0,03	75,44 ± 0,09	4,94 ± 0,20	2,93 ± 0,3	16,73 ± 0,7
Функциональные свойства					
Растворимость, %		ВСС, %		ЖСС, %	
1:3	0,39 ± 0,05	230 ± 2		131 ± 0,5	45,0 ± 1,0
1:5	0,13 ± 0,03	263 ± 1		131 ± 0,0	45,0 ± 0,0
Аминокислотный скор, %					
	Лизин	Треонин		Метионин + Цистин	
ТЭ	58 ± 2	76 ± 2		85 ± 1	
Гороховая мука	137 ± 1	102 ± 0		54 ± 2	
1:3	108 ± 1	103 ± 1		71 ± 1	
1:5	113 ± 2	105 ± 1		72 ± 2	

ВСС – водосвязывающая способность, ЖСС – жирсвязывающая способность, ЖЭС – жирэмульгирующая способность; WBC – water binding capacity, FBC – fat binding capacity, FEA – fat emulsifying ability.

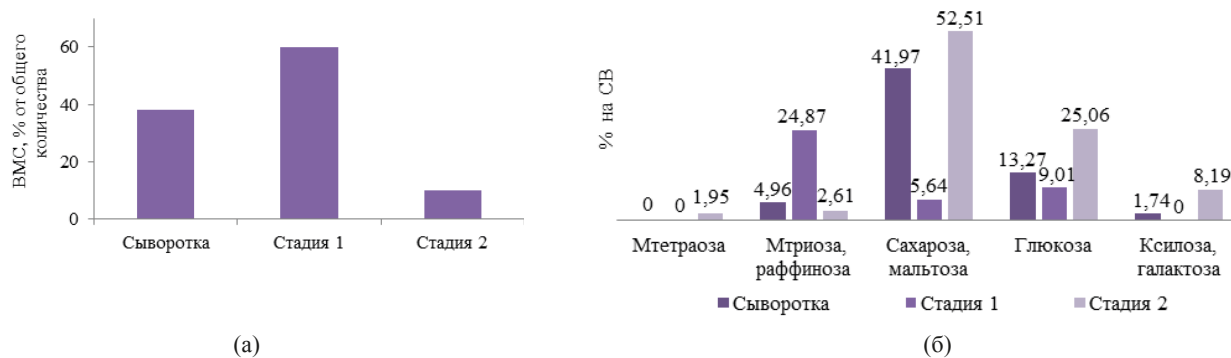


Рисунок 2. Углеводный состав экстрактов, % от общего количества: а – высокомолекулярные соединения (ВМС); б – низкомолекулярные углеводы

Figure 2. Carbohydrate composition of extracts, % of the total amount: a – high molecular weight compounds; b – low molecular weight carbohydrates

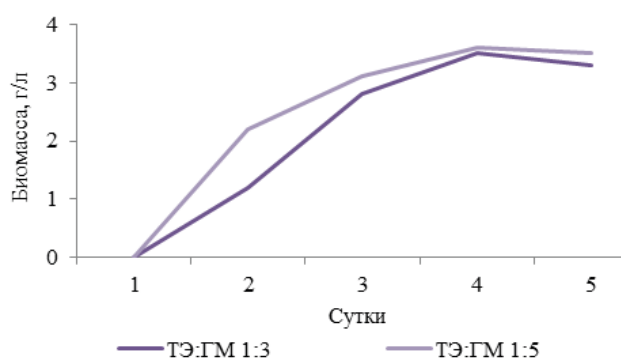


Рисунок 3. Накопление биомассы на сыворотке при различном соотношении белка ТЭ и гороховой муки (ГМ)

Figure 3. Accumulation of biomass in the serum at different ratios of protein obtained from triticale extract and pea flour

при соотношении их в смеси ТЭ с гороховой муки 1:5, в первые 3 суток биомасса росла несколько более

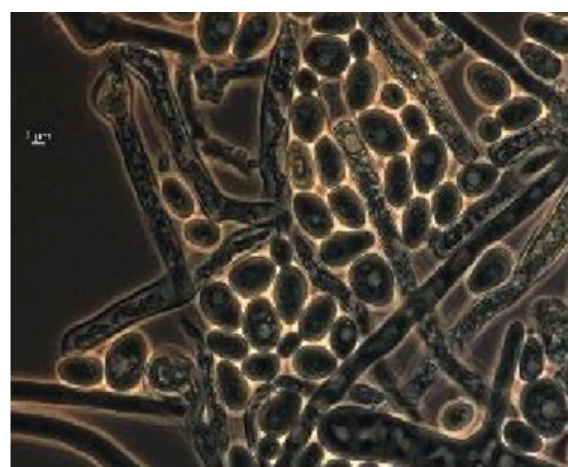
активно, чем при соотношении белков 1:3, но после 3 суток показатели роста практически сравнивались.

По окончании роста биомассы микроорганизмы инактивировали обработкой при температуре 93 ± 2 °С в течение 10–15 мин и высушивали. Внешний вид симбиотической культуры гриба *Geotrichum candidum* 977 с *Saccharomyces cerevisiae* 121, МРК (биомассы с культуральной жидкостью) и биомассы, выросшей на сыворотке и полученной после удаления белков из экстракта тритикале и гороховой муки, приведен на рисунке 4. Продукты имели вид рассыпчатого порошка белого и кремового цвета, без посторонних запахов и вкуса.

В составе биомассы, полученной на сыворотке при соотношении белков ТЭ и гороховой муки 1:3, больше содержалось золы, жира и углеводов, чем в биомассе, полученной на сыворотке при соотношении 1:5, но меньше белка (табл. 4). Более высокое содержание белка в биомассе и МРК отмечалось при ферментации микроорганизмов на сыворотке,



(а)



(б)

Рисунок 4. Внешний вид симбиотической культуры гриба с дрожжами *Geotrichum candidum* 977 + *Saccharomyces cerevisiae* 121 (а), МРК (препарат 1) и биомассы (препарат 2) (б)

Figure 4. Symbiotic fungus culture with *Geotrichum candidum* 977 + *Saccharomyces cerevisiae* 121 (a), microbial-vegetable concentrates (preparation 1) and biomass (preparation 2) (b)

Таблица 4. Химический состав продуктов биоконверсии зерновой сыворотки

Table 4. Chemical composition of the products of bioconversion grain serum

Образец	СВ, %	Массовая доля, % на СВ			
		Белок	Зола	Жир	Углеводы
Соотношение тритикале:горох 1:3					
Сыворотка	5,60 ± 0,36	23,95 ± 0,95	8,91 ± 0,20	11,20 ± 1,05	55,94 ± 0,57
Биомасса	97,30 ± 0,04	55,80 ± 0,40	8,27 ± 0,64	13,56 ± 0,90	22,37 ± 1,20
Культуральная жидкость	3,00 ± 0,24	27,30 ± 0,40	11,52 ± 0,51	27,78 ± 1,43	33,40 ± 0,45
Культуральная жидкость с биомассой	95,26 ± 0,38	58,54 ± 1,01	2,77 ± 0,64	5,86 ± 0,84	32,83 ± 0,67
Соотношение тритикале:горох 1:5					
Сыворотка	10,00 ± 0,23	29,60 ± 0,75	8,61 ± 1,04	5,20 ± 1,45	56,59 ± 0,57
Биомасса	97,95 ± 0,72	75,10 ± 0,05	3,35 ± 0,11	3,56 ± 0,80	18,19 ± 1,20
Культуральная жидкость	22,00 ± 1,04	13,20 ± 0,54	4,19 ± 0,06	27,78 ± 1,03	54,83 ± 0,45
Культуральная жидкость с биомассой	95,31 ± 0,57	67,71 ± 0,21	2,05 ± 0,75	4,38 ± 0,43	25,86 ± 1,34

полученной при соотношении белков тритикале:гороховая мука 1:5, в составе которой в 1,7 раза содержалось больше СВ. Массовая доля белков в биомассе при соотношении белков 1:5 была больше в 1,7 раза, а в биомассе с жидкостью – на 15 % больше, чем при соотношении белка 1:3.

Количество жира, углеводов и золы в концентрате, произведенном на сыворотке из композиции ТЭ:гороховая мука при соотношении 1:5, было в 1,27–1,35 раза меньше, чем в препарате, полученном из сыворотки при соотношении белков 1:3. Таким образом, более качественный по содержанию белка, липидов, углеводов, зольных (минеральных) элементов получен препарат, произведенный на сыворотке с соотношением белков ТЭ:гороховая мука 1:5.

Итоговая принципиальная технологическая схема процесса получения зерновых белковых и микробно-растительных композитов представлена на рисунке 5.

Выводы

Разработаны параметры и принципиальная технологическая схема биотехнологического процесса получения двухкомпонентных композитов из ТЭ и гороховой муки с комплементарным аминокислотным составом при количественном соотношении белков в сырье 1:3 и 1:5 соответственно. Скор первой и второй лимитирующих аминокислот лизина и треонина составил 103–113 %, серосодержащих – 71–72 %. Процесс выделения белков включал применение ФП гидролитического действия (целлюлазы, ксиланазы,

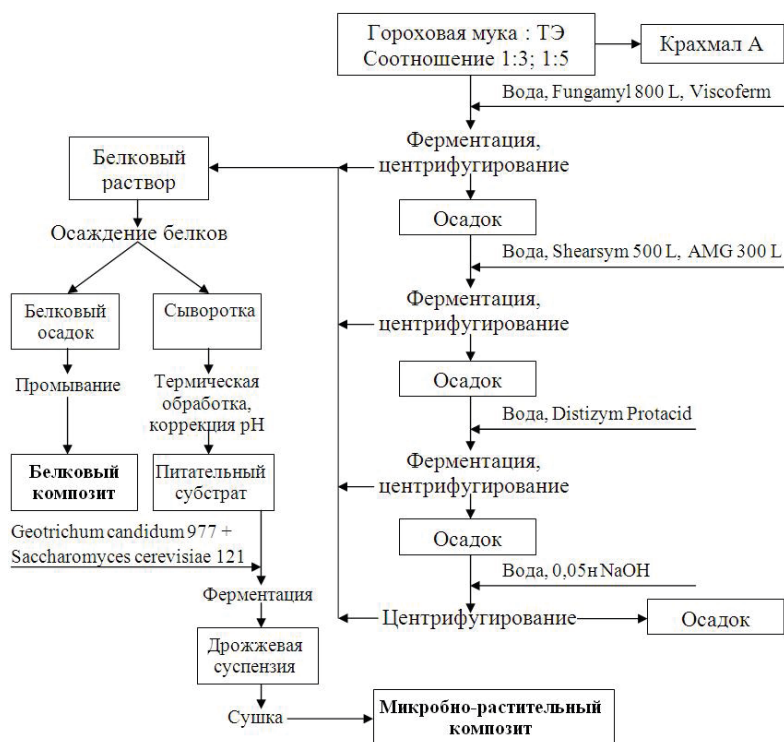


Рисунок 5. Принципиальная технологическая схема получения зерновых белковых и микробно-растительных композитов

Figure 5. Principal technological scheme of obtaining grain protein and microbial-vegetable composites

амилазы, глюкоамилазы, протеазы) для перевода белков в раствор с уменьшенным воздействием на них раствора щелочи. Выход белков в растворе составил 63,51–66,04 %, с конечным продуктом – 29,74–32,30 % от общего в сырье. По химическому составу композиты относились к группе «Концентраты» с массовой долей белка 75,44–80,40 % на СВ и значениями функционально-технологических свойств, характерными для концентратов из зерновых культур. Доказана возможность проведения биосинтетического процесса трансформации вторичного продукта переработки зерна тритикале на крахмал (экстракта) и белковые композиты совместно с гороховой мукой и получения МРК с массовой долей в % на СВ: белка 55,8–75,1, углеводов 18,9–32,83, жира 3,56–13,56, золь 2,05–8,27. Отобраны культуры микроорганизмов, способные активно развиваться на субстрате. Из них составлена симбиотическая закваска из гриба *Geotrichum candidum* 977 и дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* 121, обеспечивающая рост биомассы на углевод- и азотсодержащей среде. Сыворотка, об-

разующаяся после выделения концентрированных белков из композиции из ТЭ с гороховой мукой при соотношении белка 1:3 и 1:5 соответственно, являлась доброкачественной для питательных сред микробиологического синтеза. Предпочтение отдано соотношению белка в экстракте и гороховой муке 1:5. Новые МРК предназначались для применения в кормопроизводстве в качестве белково-углеводной добавки, а белковые композиты из экстракта тритикале и гороховой муки – в производстве пищевых изделий для улучшения биологической ценности и технологического качества

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование

Работа выполнена по заданию № 0585-2019-0004-С-01 при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Список литературы

1. Мартинчик, А. Н. Физиология питания / А. Н. Мартинчик. – М. : Академия. – 2013. – 236 с.
2. Белковые изоляты из растительного сырья: обзор современного состояния и анализ перспектив развития технологии получения белковых изолятов из растительного сырья / Д. В. Компанцев, А. В. Попов, И. М. Привалов [и др.] // Современные проблемы науки и образования. – 2016. – № 1. – С. 58.
3. Протеины: новое в технологии производства и возможности использования // Комбикорма. – 2017. – № 10. – С. 59–62.
4. Кудинов, П. И. Современное состояние и структура мировых ресурсов растительного белка / П. И. Кудинов, Т. В. Щеколдина, А. С. Слизькая // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2012. – Т. 329–330, № 5–6. – С. 7–10.
5. Доморощенкова, М. Л. Некоторые аспекты производства и формирования рынка соевых белков на современном этапе / М. Л. Доморощенкова, Л. Н. Лишаева // Пищевая промышленность. – 2010. – № 2. – С. 32–39.
6. Андреев, Н. Р. К вопросу глубокой переработки зерна тритикале / Н. Р. Андреев, В. В. Колпакова, В. Г. Гольдштейн // Пищевая промышленность. – 2018. – № 9. – С. 30–33.
7. Исследование процессов роста спиртовых и кормовых дрожжей на серноокислотных гидролизатах растительного сырья. Часть 2. Исследование процессов роста кормовых дрожжей на сернистоокислотных гидролизатах смеси пшеничной соломы и отрубей / Р. Т. Валеева, С. Г. Мухачев, Э. И. Нуретдинова [и др.] // Вестник Казанского технологического университета. – 2014. – Т. 17, № 20. – С. 156–158.
8. Храпова, А. В. Скрининг новых штаммов дрожжей для получения кормового белка / А. В. Храпова, О. Б. Сопрунова // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2011. – Т. 13, № 5–3. – С. 210–214.
9. Cellulase and Biomass Production from Sorghum (*Sorghum guineense*) Waste by *Trichoderma longibrachiatum* and *Aspergillus terreus* / O. N. Olaleye, M. A. Omotayo, S. Abdus [et al.] // Journal of Microbiology Research. – 2015. – Vol. 5, № 6. – P. 169–174. DOI: <https://doi.org/10.5923/j.microbiology.20150506.01>.
10. Fungal Biomass Protein Production from *Trichoderma harzianum* Using Rice Polishing / A. Sibtain, M. Ghulam, A. Muhammad [et al.] // BioMed Research International. – 2017. – Vol. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1155/2017/6232793>.
11. Use of *Aspergillus terreus* for microbial biomass production and its biological evaluation in broiler chicks / M. A. Shahzad, H. Nawaz, M. I. Rajoka [et al.] // International Conference on Food Engineering and Biotechnology IPCBEE. – Singapore, 2011. – Vol. 9. – P. 255–260.
12. Shahzad, M. A. Single cell protein production from *Aspergillus terreus* and its evaluation in broiler chick / M. A. Shahzad, M. I. Rajoka // International Journal of Bioscience, Biochemistry and Bioinformatics. – 2011. – Vol. 1, № 2. – P. 137–141. DOI: <https://doi.org/10.7763/IJBVB.2011.V1.25>.
13. Хусид, С. Б. Подсолнечная лузга как источник получения функциональных кормовых добавок / С. Б. Хусид, А. Н. Гнеуш, Е. Е. Нестеренко // Научный журнал КубГАУ. – 2015. – Т. 107, № 3. – С. 3–14.
14. Утилизация вторичных продуктов переработки тритикале с получением кормового микробно-растительного концентрата для прудовых рыб / Н. Р. Андреев, В. В. Колпакова, И. К. Кравченко [и др.] // Юг России: экология. Развитие. – 2017. – Т. 12, № 4. – С. 90–104. DOI: <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2017-4-90-104>.
15. Биоконверсия вторичных продуктов переработки зерна тритикале на крахмал с использованием гриба *Pleurotus Ostreatus* 23 / Н. Д. Лукин, Р. В. Уланова, И. К. Кравченко [и др.] // Химия растительного сырья. – 2018. – № 4. – С. 225–234. DOI: <https://doi.org/10.14258/jcprm.2018043993>.

16. Functional technological properties and electrophoretic composition of modified wheat gluten / V. V. Kolpakova, L. V. Chumikina, L. I. Arabova [et. al.] // Foods and Raw Materials. – 2016. – Vol. 4, № 2. – P. 48–57. DOI: <https://doi.org/10.21179/2308-4057-2016-2-48-57>.
17. Dietary protein quality evaluation in human nutrition: Report of an FAO Expert Consultation. – Rome : Food and Agriculture Organization of the United Nations. – 2013. – 66 p.
18. Тутельян, В. А. Химический состав и калорийность российских продуктов питания: справочник / В. А. Тутельян. – М. : ДеЛи плюс. – 2012. – 284 с.
19. Амарант: химический состав, биохимические свойства и способы переработки / И. А. Абрамов, Н. Е. Елисева, В. В. Колпакова [и др.] // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2011. – № 6. – С. 44–48.
20. Химический состав и функциональные свойства рисовых белковых концентратов / В. В. Колпакова, Д. Н. Лукин, Л. В. Чумикина [и др.] // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2015. – Т. 66, № 4. – С. 120–124. DOI: <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2015-4-120-124>.
21. Гидролиз сухой пшеничной клейковины разного качества с применением экзо-и эндопротеиназ / А. В. Васильев, Л. В. Зайцева, В. В. Колпакова [и др.] // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2009. – № 8. – С. 38–39.

References

1. Martinchik AN. Fiziologiya pitaniya [Physiology of nutrition]. Moscow: Academia; 2013. 236 p. (In Russ.).
2. Kompantsev DV, Popov AV, Privalov IM, Stepanova EF. Protein isolates from vegetable raw materials: An overview of the current state and prospects of development of analysis technology of protein isolates from vegetable raw materials. Modern problems of science and education. 2016;(1):58. (In Russ.).
3. Proteins: new in production technology and possibility of use. Compound feeds. 2017;(10):59–62. (In Russ.).
4. Kudinov PI, Schekoldina TV, Slizkaya AS. Current status and structure of vegetable protein world resources. News institutes of higher Education. Food technology. 2012;329–330(5–6):7–10. (In Russ.).
5. Domoroshchenkova ML, Lishaeva LN. Some aspects of manufacture and formation of the market of soy fibers at the present stage. Food industry. 2010;(2):32–39. (In Russ.).
6. Andreev NR, Kolpakova VV, Goldstein VG. To the question of profound triticale grain processing. Food industry. 2018;(9):30–33. (In Russ.).
7. Valeeva RT, Mukhachev SG, Nuretdinova EhI, Shurbina MYu, Kashapova AI. Issledovanie protsessov rosta spirtovyykh i kormovyykh drozhzhey na sernokislottykh gidrolizatakh rastitel'nogo syr'ya. Chast' 2. Issledovanie protsessov rosta kormovyykh drozhzhey na sernistokislottykh gidrolizatakh smesi pshenichnoy solomy i otrubey [Growth processes of alcoholic and fodder yeasts in sulfuric acid hydrolysates of plant raw materials. Part 2. Growth processes of fodder yeasts on sulfurous acid hydrolysates of wheat straw and bran mixture]. Bulletin of the Technological University. 2014;17(20):156–158. (In Russ.).
8. Hrapova AV, Soprunova OB. The screening new strains of yeast for reception of fodder protein. Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. 2011;13(5–3):210–214. (In Russ.).
9. Olaley ON, Omotayo MA, Abdus S, Olanlege A-LO. Cellulase and Biomass Production from Sorghum (*Sorghum guineense*) Waste by *Trichoderma longibrachiatum* and *Aspergillus terreus*. Journal of Microbiology Research. 2015;5(6):169–174. DOI: <https://doi.org/10.5923/j.microbiology.20150506.01>.
10. Sibtain A, Ghulam M, Muhammad A, Muhammad IR. Fungal Biomass Protein Production from *Trichoderma harzianum* Using Rice Polishing. BioMed Research International. 2017;2017. DOI: <https://doi.org/10.1155/2017/6232793>.
11. Shahzad MA, Nawaz H, Rajoka MI, Sarwar M, Sultan JI, Nisa M, et al. Use of *Aspergillus terreus* for microbial biomass production and its biological evaluation in broiler chicks; 2011; Singapore. Singapore: IACSIT Press; 2011;9:255–260.
12. Shahzad MA, Rajoka MI. Single cell protein production from *Aspergillus terreus* and its evaluation in broiler chick. International Journal of Bioscience, Biochemistry and Bioinformatics. 2011;1(2):137–141. DOI: <https://doi.org/10.7763/IJBBB.2011.V1.25>.
13. Khusid SB, Gneush AN, Nesterenko EE. Sunflower husks as a source of functional feed additives. Scientific Journal of KubSAU. 2015;107(3):3–14. (In Russ.).
14. Andreev NR, Kolpakova VV, Goldstein VG, Kravchenko IK, Ulanova RV, Gulakova VA, et al. Utilization of secondary triticale processing products with production of fodder microbial-vegetative concentrate for pond fish. South of Russia: ecology, development. 2017;12(4):90–104. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2017-4-90-104>.
15. Lukin ND, Ulanova RV, Kravchenko IK, Kolpakova VV, Goldstein VG. Bioconversion of secondary products of grain processing of triticale on starch using the *Pleurotus Ostreatus* Mushroom. Chemistry of plant raw material. 2018;(4):225–234. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.14258/jcprm.2018043993>.
16. Kolpakova VV, Chumikina LV, Arabova LI, Lukin DN, Topunov AF, Titov EI. Functional technological properties and electrophoretic composition of modified wheat gluten. Foods and Raw Materials. 2016;4(2):48–57. DOI: <https://doi.org/10.21179/2308-4057-2016-2-48-57>.
17. Dietary protein quality evaluation in human nutrition: Report of an FAO Expert Consultation. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations; 2013. 66 p.
18. Tutel'yan VA. Khimicheskiy sostav i kaloriynost' rossiyskikh produktov pitaniya [Chemical composition and caloric content of Russian food]. Moscow: DeLi plus; 2012. 284 p. (In Russ.).

19. Abramov IA, Yeliseeva NYe, Kolpakova VV, Piskun TI. Amaranth: a chemical compound, biochemical properties and ways of processing. Storage and processing of farm products. 2011;(6):44–48. (In Russ.).
20. Kolpakova VV, Lukin DN, Chumikina LV, Shevyakova LV. Chemical composition and functional properties of rice protein concentrates. Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies. 2015;66(4):120–124. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2015-4-120-124>.
21. Vasil'ev AV, Zaytseva LV, Kolpakova VV, Chumikina LV. Gidroliz sukhoy pshenichnoy kleykoviny raznogo kachestva s primeneniem ehkzo- i ehndoproteinaz [Hydrolysis of dry wheat gluten of different quality with the use of exo-and endoproteinases]. Storage and processing of farm products. 2009;(8):38–39. (In Russ.).

Сведения об авторах

Колпакова Валентина Васильевна

д-р техн. наук, профессор, главный научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт крахмалопродуктов – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В. М. Горбатова РАН, 410051, Россия, Московская обл., Люберцы, дп. Красково, ул. Некрасова, 11, тел.: +7 (495) 557-15-00, e-mail: vniik@arrisp.ru
<https://orcid.org/0000-0002-7288-8569>

Уланова Рузалия Владимировна

канд. биол. наук, научный сотрудник, Институт микробиологии им. С. Н. Виноградского – ФИЦ «Фундаментальные основы биотехнологии» РАН, 119071, Россия, г. Москва, Ленинский пр., 33, тел.: +7 (495) 954-52-83, e-mail: info@fbras.ru
<https://orcid.org/0000-0002-6315-7211>

Куликов Денис Сергеевич

аспирант, младший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт крахмалопродуктов – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В. М. Горбатова РАН, 410051, Россия, Московская обл., Люберцы, дп. Красково, ул. Некрасова, 11, тел.: +7 (495) 557-15-00, e-mail: vniik@arrisp.ru
<https://orcid.org/0000-0003-2171-0522>

Гулакова Валентина Андреевна

научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт крахмалопродуктов – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В. М. Горбатова РАН, 410051, Россия, Московская обл., Люберцы, дп. Красково, ул. Некрасова, 11, тел.: +7 (495) 557-15-00, e-mail: vniik@arrisp.ru

Кадиева Альбина Таймуразовна

канд. техн. наук, технический менеджер, АО «Новозаймс А/С», 119330, Россия, г. Москва, Ломоносовский пр., 38, тел.: +7 (495) 234 44-01, e-mail: almy@novozymes.com

Information about the authors

Valentina V. Kolpakova

Dr.Sci.(Eng.), Professor, Chief Researcher, All-Russian Scientific Research Institute of Starch Products – a branch of the V.M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of RAS, 11, Nekrasova Str., Moscow region, Kraskovo, 140051, Russia, phone: +7 (495) 557-15-00, e-mail: vniik@arrisp.ru
<https://orcid.org/0000-0002-7288-8569>

Ruzaliya V. Ulanova

Cand.Sci.(Biol.), Researcher, S.N. Winogradsky Institute of Microbiology of the Federal Research Center Fundamental Foundations of Biotechnology of RAS, 33, Leninskiy Ave., Moscow, 119071, Russia, phone: +7 (495) 954-52-83, e-mail: info@fbras.ru
<https://orcid.org/0000-0002-6315-7211>

Denis S. Kulikov

Postgraduate Student, Junior Researcher, All-Russian Scientific Research Institute of Starch Products – a branch of the V.M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of RAS, 11, Nekrasova Str., Moscow region, Kraskovo, 140051, Russia, phone: +7 (495) 557-15-00, e-mail: vniik@arrisp.ru
<https://orcid.org/0000-0003-2171-0522>

Valentina A. Gulakova

Researcher, All-Russian Scientific Research Institute of Starch Products – a branch of the V.M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of RAS, 11, Nekrasova Str., Moscow region, Kraskovo, 140051, Russia, phone: +7 (495) 557-15-00, e-mail: vniik@arrisp.ru

Albina T. Kadieva

Cand.Sci.(Eng.), Technical Manager, Novozymes A/S, 38, Lomonosovsky Ave., Moscow, 119330, Russia, phone: +7 (495) 234 44-01, e-mail: almy@novozymes.com

Сравнительный анализ химического состава и антиоксидантных свойств кофе растворимого и для кофемашин

А. С. Пугачева*, Н. В. Макарова^{ORCID}, Д. Ф. Игнатова

Дата поступления в редакцию: 23.04.2019
Дата принятия в печать: 21.06.2019

ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»,
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244

*e-mail: pugachevaalexandra@gmail.com



© А. С. Пугачева, Н. В. Макарова, Д. Ф. Игнатова, 2019

Аннотация. Кофе является одним из популярных продуктов (напитков) во всем мире из-за своих уникальных органолептических качеств (аромат и вкус). Цель исследования – определение содержания антиоксидантной составляющей в сублимированном и капсульном кофе из торговой сети и выявление перспективных видов кофе как исходного сырья для производства экстрактов с точки зрения профилактики заболеваний, вызываемых окислительным действием свободных радикалов. В статье приведены результаты исследования химического состава (содержания сухих веществ, фенолов, флавоноидов), антирадикальной активности и антиоксидантного действия в растворимых образцах растворимого и капсульного кофе из торговой сети г. Самара (Coffea Premium, Coffesso, Nescafe dolce gusto, Jacobs Milicano, Bushido, Egoiste, Fresco). Образцы кофе Coffea Premium и Coffesso показали наивысшие результаты по всем проведенным испытаниям и могут являться дополнительными источниками для получения организмом антиоксидантных веществ. Образец Coffea Premium по содержанию фенольных веществ, флавоноидов и силе антирадикальной активности безусловный фаворит среди исследованных образцов (со значением 1338 мг галловой кислоты/100 г исходного вещества; 854 мг катехина/100 г исходного вещества и 0,84 мг/см³ соответственно). Образцы кофе Nescafe dolce gusto (капсульный кофе), Jacobs Milicano и Fresco (растворимый кофе) показали средние значения, незначительно отличающиеся друг от друга по всем фенольным анализам. Образцы кофе Bushido и Egoiste являются аутсайдерами по содержанию фенолов, флавоноидов, сухих веществ, показывают низкие значения антирадикальной активности и восстанавливающей способности. В результате исследований можно выбрать в качестве источников дополнительного количества антиоксидантов из множества брендов кофе Coffea Premium и Coffesso.

Ключевые слова. Кофе, кофе в капсулах, растворимый кофе, антиоксидантные вещества, фенолы, флавоноиды, антирадикальная активность, восстанавливающая сила

Для цитирования: Пугачева, А. С. Сравнительный анализ химического состава и антиоксидантных свойств кофе растворимого и для кофемашин / А. С. Пугачева, Н. В. Макарова, Д. Ф. Игнатова // Техника и технология пищевых производств. – 2019. – Т. 49, № 2. – С. 312–319. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-2-312-319>.

Original article

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

Chemical Composition and Antioxidant Properties of Instant Coffee and Coffee Capsules: Comparative Analysis

A.S. Pugacheva*, N.V. Makarova^{ORCID}, D.F. Ignatova

Received: April 23, 2019
Accepted: June 21, 2019

Samara State Technical University,
244, Molodogvardeyskaya Str., Samara, 443100, Russia

*e-mail: pugachevaalexandra@gmail.com



© A.S. Pugacheva, N.V. Makarova, D.F. Ignatova, 2019

Abstract. Coffee is one of the most popular drinks in the world due to its unique sensory properties, i.e. aroma and taste. Coffee consumption increases from year to year, which makes its functional property a relevant issue. The present research featured the antioxidant component in freeze-dried coffee and coffee capsules obtained from a commercial network. The main objective was to identify the most advantageous types of coffee to serve as a raw material for extract production. Coffee is known to prevent diseases caused by the oxidative action of free radicals. The paper presents a review of multiple scientific sources on the beneficial properties of coffee. It also features some results of the study in the chemical composition of coffee, i.e. dry matter content, phenols, flavonoids, etc. The anti-radical activity was described with the help of the DPPH method, while the FRAP method was employed to study the antioxidant properties of several coffee samples. The samples of instant coffee and coffee capsules were obtained from a distribution network (Samara, Russia) and included such brands as *Coffea Premium*, *Coffesso*, *Nescafe Dolce Gusto*, *Jacobs Milicano*, *Bushido*, *Egoiste*, and *Fresco*. *Coffea Premium* and *Coffesso* showed the best results in all the tests and can be additional sources of antioxidant substances. These two varieties of coffee capsules are produced for capsule coffee machines and are roasted

ground coffee beans. *Coffea Premium* demonstrated the best results in phenolic substances, flavonoids, and anti-radical activity with 1338 mg of gallic acid and 854 mg of catechin per 100g of the original substance and 0.84 mg per cm³. *Nescafe Dolce Gusto* coffee capsules and such varieties of instant coffee as *Jacobs Millicano*, and *Fresco* showed similar but average results according to all the phenolic analyzes. *Bushido* and *Egoiste* were found lacking in phenols, flavonoids, and dry substances. These samples demonstrated low values of antiradiation and regenerating ability, which indicates a worse quality than that of coffee capsules. This may be due to some processing peculiarities: instant coffee undergoes thermal treatment when coffee granules are formed, while solvents are used to obtain coffee extract. Thus, the research revealed that *Coffea Premium* and *Coffesso* are the best sources of antioxidants.

Keywords. Coffee, coffee capsules, instant coffee, antioxidant substances, phenols, flavonoids, anti-radical activity, regenerating power

For citation: Pugacheva AS, Makarova NV, Ignatova DF. Chemical Composition and Antioxidant Properties of Instant Coffee and Coffee Capsules: Comparative Analysis. Food Processing: Techniques and Technology. 2019;49(2):312–319. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-2-312-319>.

Введение

Кофе является одним из самых употребляемых напитков в мире. Однако споры между диетологами относительно полезного и вредного действия кофе на организм только постоянно увеличиваются.

В статье итальянских ученых приводятся данные по многочисленным исследованиям влияния употребления кофе на уровень глюкозы, инсулина в крови, метаболизм липидов, а также сведения об изучении механизма этого действия [1]. По мнению большинства исследователей, небольшое употребление кофе положительно сказывается на здоровье человека. Данные по исследованию состояния венозной системы свидетельствуют в положительном влиянии кофеина из 1 чашки кофе. Споры о функциональных свойствах кофе ведутся постоянно. Однозначного мнения по этому вопросу не существует. Кофе входит в группу пищевых продуктов с масштабным исследованием механизмов антиоксидантного воздействия на организм человека. Благодаря наличию кофеина и хлорогеновой кислоты кофе может использоваться как антиоксидант [2]. Важнейшими биологически активными веществами в кофе на данный момент считаются кофеин и хлорогеновая кислота, а также ее производные.

Вопрос о различии кофе сортов Арабика и Робуста является предметом внимания не только любителей кофе, но и ученых. Так, для кофе двух видов, а также для их смесей исследовано влияние обжаривания на показатели химического состава (содержание кофеина, тригонеллина, никотиновой кислоты, хлорогеновой кислоты) и уровня цветности. Кофе разных видов почти не различаются друг от друга, но влияние степени обжаривания очень велико [3]. Для образцов растворимого кофе выполнены исследования микроструктуры и антиоксидантной активности в зависимости от технологии сушки: сублимационная или распылительная [4]. Образцы растворимого кофе, высушенного сублимационным методом, имеют более мелкую структуру, но образцы, высушенные распылительной сушкой, обладают более высоким уровнем антиоксидантной активности. С точки зрения многих ученых, именно технологические параметры обжаривания являются наиболее существенными факторами, изменяющими свойства, в том числе химический состав и антиоксидантную активность, зеленого кофе. С использованием метода

поверхности отклика удалось выбрать оптимальные параметры обжаривания (время, температура, скорость аэрации) для содержания полифенолов, DPPH- и ORAC-антирадикальной активности зерен кофе [5]. Для 70 образцов кофе сорта Арабика были оценены показатели качества влажности, содержания белков, липидов, углеводов, хлорогеновой кислоты, кофеина [6]. Определены пределы этих показателей для кофе из Йемена. Два вида зерен кофе сортов Арабика и Робуста в разной степени обжаривания (зеленый, легкий, средний, сильный) были исследованы на общее содержание фенолов, антиоксидантную активность по FRAP, ABTS, DPPH методам [7]. Практически по всем показателям зерна кофе сорта Робуста опережают зерна кофе сорта Арабика; по мере обжаривания показатели убывают. Растворимый кофе является продуктом, полученным из экстрактов с помощью различных технологий сушки. Из материалов статьи С. Т. Марсусси можно сделать вывод, что существуют различия в показателях общего содержания фенолов и антиоксидантной активности в зависимости от технологий сушки [8].

Качество зерен кофе определяется большим количеством факторов, из которых важнейшую роль играет количество исходного сырья, технология переработки и хранения. В работе российских ученых было определено, что выход водорастворимых веществ возрастает с уменьшением среднего размера частиц при любом режиме экстрагирования. Опыты по кинетике процесса экстрагирования водорастворимых веществ из кофе проводились в диапазоне изменения температур 20–95 °С в режиме перемешивания. Использование пониженных температур (90–95 °С) для процесса экстрагирования водорастворимых веществ из кофе позволяет добиться высокой степени обработки зерна. Наиболее рациональным, с точки зрения увеличения выхода водорастворимых веществ и улучшения качества готового продукта, является диапазон температур 85–95 °С. Соотношение фаз один из основных параметров, определяющих процесс извлечения водорастворимых веществ из кофе. Процесс периодического извлечения из кофе при больших соотношениях фаз (например, 1:20 и 1:30) приведет к низким концентрациям водорастворимых веществ в растворе. Осуществление процесса низкотемпературного экстрагирования на «тонкой» фракции может обе-

спечить максимальный выход водорастворимых веществ в раствор [9]. В работе В. Н. Лысовой и др. показано, что менее энергоемкий метод, в частности метод холодного экстрагирования (при температуре не выше 100 °С), является перспективной альтернативой сложившейся технологии экстрагирования [10]. В настоящее время проводится большое количество работ по разработке новых технологий переработки кофе, улучшающих микробиологические и органолептические показатели зерен кофе. Одной из таких технологий является Semi-Dry Processing-Honey coffe, приводящая к получению напитка с уникальным вкусом [11]. В статье Н. А. Ковальченко и др. приведены рекомендации к степени помола для наилучшего экстрагирования растворимых веществ при производстве растворимого кофе [12].

Для образцов зеленого кофе сорта Арабика и вида Rio Minas, подвергающихся обжарке при температурах 167 °С, 171 °С, 175 °С в течение 25 или 26 мин, было исследовано общее содержание фенолов, флавоноидов, флавонолов, а также антирадикальная активность по методам DPPH и ABTS [13]. Накоплению фенолов и флавоноидов способствуют высокие температуры, а антиоксидантная активность характерна для образцов с легкой степенью обжарки.

Целый ряд статей касается детального изучения технологии обжаривания зерен кофе. Например, кинетики убыли массы кофе сорта Арабика при обжаривании [14].

В статье индийских ученых были проведены исследования химического состава, общего содержания фенолов, флавоноидов и способности улавливать свободные радикалы 2,2-дифенил-1-пикрилгидразида (DPPH) и оксида азота для двух видов кофе: сорта Arabica Special A и Kumbakonam [15]. Интересно отметить, что такие классы соединений, как алколоиды, флавоноиды и хиноны обнаружены в обоих видах кофе, а класс танинов характерен только для кофе Special A. Два вида кофе практически не отличаются по способности улавливать свободные радикалы DPPH, но обладают разным ингибирующим действием против оксида азота.

Богатый химический состав в сочетании с уникальными органолептическими показателями (аромат и вкус) привел к тому, что кофе является одним из самых популярных напитков в мире (занимает второе место по величине объемов продаж в мире после нефти). Можно считать, что кофе один из основных и распространенных источников антиоксидантов для организма человека.

Целью исследования является определение содержания антиоксидантных веществ (общее содержание фенольных веществ, общее содержание флавоноидов), антирадикальной активности (метод DPPH), восстанавливающей силы (метод FRAP) в сублимированном и капсульном кофе из торговой сети и выявление перспективных видов кофе как исходного сырья для производства экстрактов с точки зрения профилактики заболеваний, вызываемых окислительным действием свободных радикалов.

Объекты и методы исследования

1. Метод определения общего содержания фенольных веществ. Определение фенольных веществ основано на их способности связываться с белковыми веществами, осаждаться солями металлов, окисляться и давать цветные реакции. Исследования проводились по методу [16]. Колориметрическим методом при помощи реактива Folin-Ciocalteu.

2. Исследования содержания флавоноидов проводят по методу [17]. Содержание флавоноидов определяли спектрофотометрическим методом на спектрофотометре. Спектр поглощения снимали при длине волны 510 нм в кювете с толщиной слоя жидкости 10 мм. В кювету сравнения помещали дистиллированную воду. Калькуляцию флавоноидов в мг катехина/100 г продукта проводили по калибровочной кривой.

3. DPPH-метод (метод определения радикалудерживающей способности с использованием реактива 2,2-дифенил-1-пикрилгидразида). Одним из способов оценки антиоксидантной активности является колориметрия свободных радикалов. Данный метод основан на реакции стабильного синтетического радикала DPPH, растворенного в этаноле, с образцом антиоксиданта, содержащегося в экстракте [18]. Колориметрию свободных радикалов 2,2-дифенил-1-пикрилгидразида проводили спектрофотометрическим методом при длине волны 517 нм.

4. FRAP-метод (метод определения железосвязывающей активности экстрактов). Исследование восстанавливающей силы было проведено по методу [19]. Определение железосвязывающей активности проводили спектрофотометрическим методом при длине волны 593 нм. В кювету сравнения добавляли дистиллированную воду. Определение железосвязывающей активности проводили по калибровочной кривой в ммоль Fe²⁺/1 кг исходного сырья.

5. Определение сухих веществ экстрактов.

Массовая доля растворенных сухих веществ экстракта определяют рефрактометрическим методом по ГОСТ 28562-90. «Продукты переработки плодов и овощей. Рефрактометрический метод определения растворимых сухих веществ» [20].

Опыты проводились в трехкратном повторении.

Исследуемые объекты были закуплены в торговых сетях г. Самара в разделах «Кофе». Характеристика объектов исследования представлена в таблице 1.

Результаты и их обсуждение

В большей степени фенольные вещества оказывают сильное влияние на формирование цвета, вкуса и аромата, а также защищают растение от внешнего неблагоприятного воздействия. Фенольные соединения демонстрируют сильный антиоксидантный эффект путем замедления продуцирования различных воспалительных медиаторов, тем самым предотвращая возникновение окислительного стресса для организма человека [21]. По результатам исследования общего содержания фенолов можно отметить, что лидером по содержанию фенольных веществ является кофе в капсулах Coffea Premium со значением 1338 мг

Таблица 1. Характеристика объектов исследования – кофе в капсулах и растворимый кофе

Table 1. Characteristics of the samples: coffee capsules and instant coffee

№	Сорт	Форма выпуска	Сорт	Степень обжарки
1	Coffee Premium	Капсула	Арабика	Сильная
2	Coffesso	Капсула	Арабика	Слабая
3	Nescafe dolce gusto	Капсула	Арабика	Средняя
4	Jacobs Millicano	Растворимый	Арабика	Средняя
5	Bushido	Растворимый	Арабика	Сильная
6	Egoiste	Растворимый	Арабика	Средняя
7	Fresco	Растворимый	Арабика	Слабая

ГК/100 г. Средние показатели содержания фенольных соединений у образцов Coffesso, Nescafe dolce gusto, Fresco – 806, 792, 706 мг ГК/100г соответственно. Все остальные образцы имеют средние показатели, мало отличающиеся друг от друга, и колеблются от 806 до 641 мг ГК/100 г. Полученные результаты изображены на рисунке 1.

Флавоноиды оказывают укрепляющее действие на стенки клеток и молекул, защищая их от разрушения [22]. Максимальные значения содержания флавоноидов выявлены у кофе в капсулах Coffea Premium – 854 мг К/100 г. У остальных образцов значения незначительно отличаются и колеблются от 409 до 317 мг К/100 г. На рисунке 2 показаны результаты содержания флавоноидов испытаний кофе.

Сухие вещества – это питательные и физиологически-активные соединения (например, минеральные соли, витамины, азотистые соединения), содержащи-

еся в клетке в растворенном виде [23]. Измеренные значения массовой доли растворенных сухих веществ для испытуемых образцов представлены на рисунке 3.

Максимальное количество сухих веществ содержится в капсулах кофе Coffesso – 17,83 %, Coffea Premium – 14,65%, Nescafe dolce gusto – 12,4 %, а также в растворимом кофе Jacobs Millicano – 13,4 %. Минимальные значения содержания сухих веществ наблюдается в экстрактах растворимого кофе Egoiste – 11,96 %, Fresco – 10,8 % и Bushido – 10,23 %.

Coffea Premium и Coffesso показали наилучшие результаты среди трех показателей (содержание фенольных веществ, флавоноидов и сухих веществ). Все остальные образцы показали стабильные и средние результаты.

Способность улавливать свободные радикалы важная составляющая часть антиоксидантной защиты организма человека от окислительного стресса. Известно, что свободные радикалы играют главную роль в

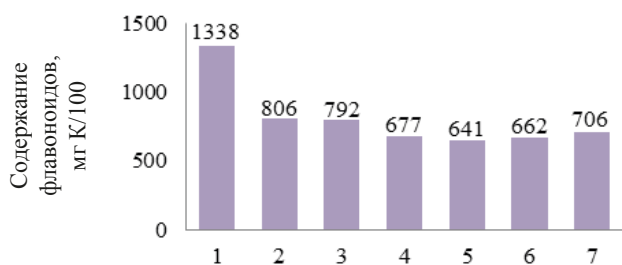


Рисунок 1. Общее содержания фенольных веществ в различных видах кофе

Figure 1. Total content of phenolic substances in various types of coffee

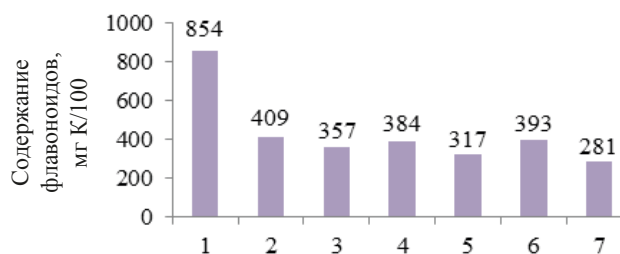


Рисунок 2. Общее содержания флавоноидов в различных видах кофе

Figure 2. Total content of flavonoids in various types of coffee

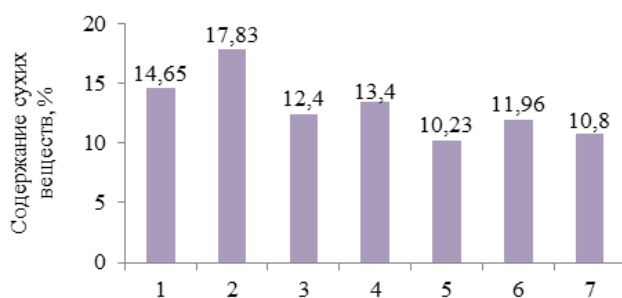


Рисунок 3. Массовая доля растворенных сухих веществ экстрактов кофе

Figure 3. Mass fraction of dissolved solids in coffee extracts

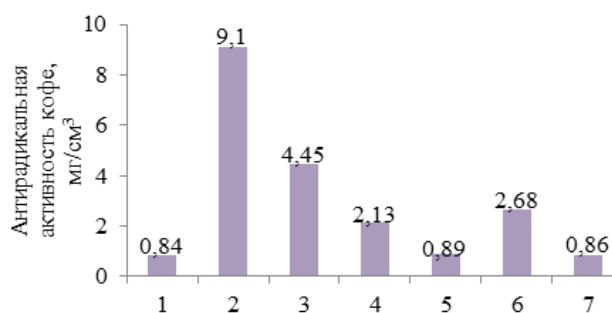


Рисунок 4. Антирадикальная активность по методу DPPH для различных видов кофе

Figure 4. Anti-radical activity according to DPPH method in various types of coffee

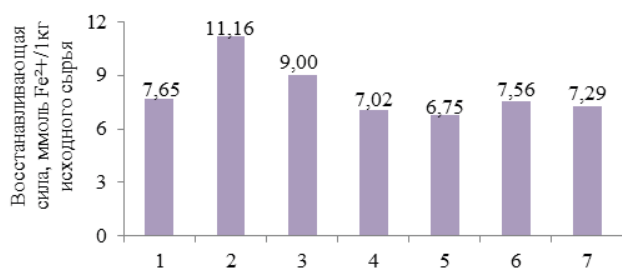


Рисунок 5. Восстанавливающая сила по методу FRAP в различных видах кофе

Figure 5. Restoring force according to the FRAP method in various types of coffee

образовании и развитии многих заболеваний, ускоряя процесс окисления молекул, тем самым разрушая их [24]. Наилучшая антирадикальная активность выявлена у кофе в капсулах Coffea Premium со значением – 0,84 мг/см³, растворимый Fresco – 0,86 мг/см³ и Bushido – 0,89 мг/см³. Среднюю активность проявили Jacobs Millicano и Egoiste – 2,13 мг/см³, 2,68 мг/см³ соответственно. Наихудшая активность проявлена у кофе в капсулах Nescafe dolce gusto – 4,45 мг/см³ и Coffesso – 9,1 мг/см³. Результаты исследования антирадикальной активности для кофе представлены на рис. 4.

Восстанавливающая сила – это сила, которая помогает замедлить реакции окисления и разложения молекул, клеток в организме [25]. Максимальные значения восстанавливающей силы выявлены у капсул Coffesso – 11,16 ммоль Fe²⁺/1 кг исходного сырья и Nescafe dolce gusto – 9,00 ммоль Fe²⁺/1 кг исходного сырья. У остальных образцов средние показатели, которые колеблются от 7,65 до 6,75 ммоль Fe²⁺/1 кг исходного сырья. На рисунке 5 показаны результаты испытаний восстанавливающей силы в образцах.

Если суммировать данные по двум последним показателям (антирадикальной активности и восстанавливающей силе), то кофе Coffea Premium и Coffesso показали наиболее высокие результаты среди остальных образцов по антирадикальной активности и восстанавливающей силе.

Выводы

В ходе проведения исследования нескольких видов кофе, различных по способу производства и по форме выпуска, было определено, что лидером среди представленных сортов кофе является Coffea Premium сильной степени обжарки, который имеет высокие результаты по всем проведенным анализам (определение содержания фенольных веществ, фла-

воноидов и общее содержание растворенных сухих веществ, антирадикальной активности по методу DPPH, восстанавливающей силы по методу FRAP). Все остальные образцы исследуемого кофе можно разделить на две группы:

1. Группа со средними показателями изученных значений. В нее входят кофе: Coffesso, Nescafe dolce gusto, Jacobs Millicano, Fresco;

2. Группа с низкими показателями изученных значений. В нее входят: Bushido и Egoiste.

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

1. Кофе может выступать в качестве источника антиоксидантных веществ;

2. Растворимый кофе также является полезным продуктом с антиоксидантным действием, как и кофе для кофемашин. Среди исследованных образцов выделяется кофе Coffea Premium как источник веществ для профилактики заболеваний, возникающих как следствие окислительного стресса.

Авторами было выявлено, что качество кофе в капсулах (молотый кофе из зерен помещенный в специальные капсулы для капсульных кофемашин) превосходит по своим функциональным качествам растворимое кофе. Причина превосходства капсульного кофе над растворимым связана с производством гранулированного кофе: очень высокие или, наоборот, очень низкие температуры при изготовлении гранул кофе, а также, использование жестких растворителей при получении кофейного экстракта). Также при производстве капсульного кофе используются только обжаренные кофейные зерна (в некоторых случаях в капсулы закладываются еще и различные добавки, сухие сливки, пряности, сухой порошок карамели, какао-порошок и т. д.). Следовательно, при тепловой обработке в зернах кофе будет меньше потерь антиоксидантных веществ, чем при производстве кофейных экстрактов (растворимый кофе). Таким образом, перспективными видами кофе для профилактики заболеваний, возникающих как следствие окислительного стресса, а также как исходного сырья для выделения комплекса биологически активных веществ, получения биологически активных добавок, введение кофе в состав различных кулинарных изделий и напитков является кофе в капсулах сортов Арабика Coffea Premium сильной степени обжарки, Coffesso слабой степени обжарки и Nescafe dolce gusto средней степени обжарки.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Coffee and metabolic impairment: An updated of epidemiological studies / S. Buscemi, S. Marventano, M. Antoci [et al.] // NFS Journal. – 2016. – Vol. 3. – P. 1–7. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.nfs.2016.02.001>.
2. Liang, N. Antioxidant property of coffee components: Assessment of methods that define mechanism of action / N. Liang, D. D. Kitts // Molecules. – 2014. – Vol. 19, № 11. – P. 19180–19280. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules191119180>.
3. Belay, A. Some biochemical compounds in coffee beans and methods developed for their analysis / A. Belay // International Journal of Physical Sciences. – 2013. – Vol. 6, № 28. – P. 6373–6378. DOI: <https://doi.org/10.5897/IJPS11.486>.

4. Ghirişan, A. Comparative study of spray-drying and freeze-drying on the soluble coffee properties / A. Ghirişan, V. Miclăuş // *Studia Universitatis Babeş-Bolyai Chemia*. – 2017. – Vol. 62, № 4. – P. 309–316. DOI: <https://doi.org/10.24193/subbchem.2017.4.26>.
5. Kwak, H. S. The effect of air flow in coffee roasting for antioxidant activity and total polyphenol content / H. S. Kwak, S. Ji, Y. Jeong // *Food Control*. – 2017. – Vol. 71. – P. 210–216. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.06.047>.
6. The chemical composition of Yemeni green coffee / Q. A. Nogaim, M. Al-Duais, A. Al-Warafi [et al.] // *Journal of Food Chemistry and Nutrition*. – 2013. – Vol. 1, № 2. – P. 42–48.
7. Comparison of different methods of antioxidant activity evaluation of green and roast *C. Arabica* and *C. Robusta* coffee beans / J. Pokorna, P. R. Venskutonis, V. Kraujalyte [et al.] // *Acta Alimentaria*. – 2015. – Vol. 44, № 3. – P. 454–460. DOI: <https://doi.org/10.1556/066.2015.44.0017>.
8. Antioxidant activity of commercial Soluble coffees / C. T. Marcucci, R. C. E. Dias, M. B. Almeida [et al.] // *Beverages*. – 2017. – Vol. 3, № 2. – P. 1–7. DOI: <https://doi.org/10.3390/beverages3020027>.
9. Лысова, В. Н. Влияние основных параметров на процесс экстрагирования водорастворимых веществ из кофе / В. Н. Лысова, О. А. Штефанова // *Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания*. – 2015. – Т. 6, № 2. – С. 50–54.
10. Совершенствование технологии экстрагирования кофе / В. Н. Лысова, О. А. Штефанова, В. В. Лисицын [и др.] // *Вестник Астраханского государственного технического университета*. – 2014. – Т. 58, № 2. – С. 81–86.
11. Poltronieri, P. Challenges in specialty coffee processing and quality assurance / P. Poltronieri, F. Rossi // *Challenges*. – 2016. – Vol. 7, № 2. – P. 1–22. DOI: <https://doi.org/10.3390/challe7020019>.
12. Технологические особенности получения экстрагированных напитков на основе натурального кофе / Н. А. Ковальченко, Т. С. Коршик, Л. Н. Кичина [и др.] // *Пиво и напитки*. – 2015. – № 4. – С. 36–40.
13. Effect of roasting degree on the antioxidant activity of different Arabica coffee quality classes / B. Odzakovic, N. Dzinic, Z. Kukric [et al.] // *Acta Scientiarum Polonorum, Technologia Alimentaria*. – 2016. – Vol. 15, № 4. – P. 409–417. DOI: <https://doi.org/10.17306/J.AFS.2016.4.39>.
14. Kinetics of mass loss of Arabica coffee during roasting process / G. A. Vargas-Eliás, P. C. Corrêa, N. R. De Souza [et al.] // *Engenharia Agricola*. – 2016. – Vol. 36, № 2. – P. 300–308. DOI: <https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v36n2p300-308/2016>.
15. Gunalan, G. In vitro Antioxidant Analysis of Selected Coffee Bean Varieties / G. Gunalan, N. Myla, R. Balabhaskar // *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*. – 2014. – Vol. 4, № 4. – P. 2126–2132.
16. Ishwarya, S. P. Spray-Freeze-Drying approach for soluble coffee processing and its effect on quality characteristics / S. P. Ishwarya, C. Anandharamkrishnan // *Journal of Food Engineering*. – 2014. – Vol. 149. – P. 171–180. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2014.10.011>.
17. Changes of antioxidant capacity of robusta coffee during roasting / L. Votavova, M. Voldrich, R. Sevcik [et al.] // *Czech Journal of Food Sciences*. – 2009. – Vol. 27. – P. S49–S52.
18. Antioxidant and antiradical activity of coffee / A. Yashin, Y. Yashin, J. Y. Wang [et al.] // *Antioxidants*. – 2013. – Vol. 2, № 4. – P. 230–245. DOI: <https://doi.org/10.3390/antiox2040230>.
19. Babova, O. Chemical partitioning and antioxidant capacity of green coffee (*Coffea Arabica* and *Coffea canephora*) of different geographical origin / O. Babova, A. Occhipinti, M. E. Maffei // *Phytochemistry*. – 2016. – Vol. 123. – P. 33–39. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2016.01.016>.
20. ГОСТ 28562-90. Продукты переработки плодов и овощей. Рефрактометрический метод определения растворимых сухих веществ. – М. : Издательство стандартов, 1991. – 18 с.
21. Correlation between antioxidant activity and coffee beverages quality by electron spin resonance spectroscopic / J. H. O. Barbosa, J. A. G. Luna, A. M. O. Kimoshita [et al.] // *Ciencia e Agrotecnologia*. – 2013. – Vol. 37, № 6. – P. 465–501. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542013000600002>.
22. Instant coffee as a source of antioxidant-rich and sugar-free coloured compounds for use in bakery: Application in biscuits / C. P. Passos, K. Kukurova, E. Basil [et al.] // *Food Chemistry*. – 2017. – Vol. 231. – P. 114–121. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.03.105>.
23. Jimenez-Zamora, A. Revolorization of coffee by-products. Prebiotic, antimicrobial and antioxidant properties / A. Jimenez-Zamora, S. Pastoriza, J. A. Rufian-Henares // *LWT – Food Science and Technology*. – 2015. – Vol. 61, № 1. – P. 12–18. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.11.031>.
24. Effect of caffeine contained in a cup of coffee on microvascular function in healthy subjects / K. Noguchi, T. Matsuzaki, M. Sakanashi [et al.] // *Journal of Pharmacological Sciences*. – 2015. – Vol. 127, № 2. – P. 217–222. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jphs.2015.01.003>.
25. Scully, D. S. An investigation into spent coffee waste as a renewable source of bioactive compounds and industrially important sugars / D. S. Scully, A. K. Jaiswal, N. Abu-Ghannam // *Bioengineering*. – 2016. – Vol. 3, № 4. DOI: <https://doi.org/10.3390/bioengineering3040033>.

References

1. Buscemi S, Marventano S, Antoci M, Cagnetti A, Castorina G, Galvano F, et al. Coffee and metabolic impairment: An updated of epidemiological studies. *NFS Journal*. 2016;3:1–7. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.nfs.2016.02.001>.

2. Liang N, Kitts DD. Antioxidant property of coffee components: Assessment of methods that define mechanism of action. *Molecules*. 2014;19(11):19180–19280. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules191119180>.
3. Belay A. Some biochemical compounds in coffee beans and methods developed for their analysis. *International Journal of Physical Sciences*. 2013;6(28):6373–6378. DOI: <https://doi.org/10.5897/IJPS11.486>.
4. Ghirişan A, Miclăuş V. Comparative study of spray-drying and freeze-drying on the soluble coffee properties. *Studia Universitatis Babeş-Bolyai Chemia*. 2017;62(4):309–316. DOI: <https://doi.org/10.24193/subbchem.2017.4.26>.
5. Kwak HS, Ji S, Jeong Y. The effect of air flow in coffee roasting for antioxidant activity and total polyphenol content. *Food Control*. 2017;71:210–216. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.06.047>.
6. Nogaim QA, Al-Duais M, Al-Warafi A, Al-Eriane H, Al-Sayadi M. The chemical composition of Yemeni green coffee. *Journal of Food Chemistry and Nutrition*. 2013;1(2):42–48.
7. Pokorna J, Venskutonis PR, Kraujalyte V, Kraujalis P, Dvorak P, Tremlova B, et al. Comparison of different methods of antioxidant activity evaluation of green and roast *C. Arabica* and *C. Robusta* coffee beans. *Acta Alimentaria*. 2015;44(3):454–460. DOI: <https://doi.org/10.1556/066.2015.44.0017>.
8. Marcucci CT, Dias RCE, Almeida MB, Benassi MDT. Antioxidant activity of commercial Soluble coffees. *Beverages*. 2017;3(2):1–7. DOI: <https://doi.org/10.3390/beverages3020027>.
9. Lysova VN, Shtefanova OA. Influence of key parameters on process of extraction of water-soluble substances of coffee. *Technologies of food and processing industry of AIC – healthy food*. 2015;6(2):50–54. (In Russ.).
10. Lysova VN, Shtefanova OA, Lisitsyn VV, Razymovkiy DG. Improvement of the technology of coffee extraction. *Vestnik of Astrakhan State Technical University*. 2014;58(2):81–86. (In Russ.).
11. Poltronieri P, Rossi F. Challenges in specialty coffee processing and quality assurance. *Challenges*. 2016;7(2):1–22. DOI: <https://doi.org/10.3390/challe7020019>.
12. Kovalchenko NA, Korshik TS, Kichigina LN, Andriyanov IA. Technological Peculiarities of Receiving Extracted Beverages on the Basis of Natural Coffee. *Beer and beverages*. 2015;(4):36–40. (In Russ.).
13. Odzakovic B, Dzinic N, Kukric Z, Grujic S. Effect of roasting degree on the antioxidant activity of different Arabica coffee quality classes. *Acta Scientiarum Polonorum, Technologia Alimentaria*. 2016;15(4):409–417. DOI: <https://doi.org/10.17306/J.AFS.2016.4.39>.
14. Vargas-Eliás GA, Corrêa PC, De Souza NR, Baptestini FM, Melo EDC. Kinetics of mass loss of Arabica coffee during roasting process. *Engenharia Agricola*. 2016;36(2):300–308. DOI: <https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v36n2p300-308/2016>.
15. Gunalan G, Myla N, Balabhaskar R. In vitro Antioxidant Analysis of Selected Coffee Bean Varieties. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*. 2014;4(4):2126–2132.
16. Ishwarya SP, Anandharamakrishnan C. Spray-Freezing-Drying approach for soluble coffee processing and its effect on quality characteristics. *Journal of Food Engineering*. 2014;149:171–180. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2014.10.011>.
17. Votavova L, Voldrich M, Sevcik R, Čížková H, Mlejnecká J, Stolař M, et al. Changes of antioxidant capacity of robusta coffee during roasting. *Czech Journal of Food Sciences*. 2009;27:S49–S52.
18. Yashin A, Yashin Y, Wang JY, Nemzer B. Antioxidant and antiradical activity of coffee. *Antioxidants*. 2013;2(4):230–245. DOI: <https://doi.org/10.3390/antiox2040230>.
19. Babova O, Occhipinti A, Maffei ME. Chemical partitioning and antioxidant capacity of green coffee (*Coffea Arabica* and *Coffea canephora*) of different geographical origin. *Phytochemistry*. 2016;123:33–39. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2016.01.016>.
20. State Standard 28562-90. Fruit and vegetable products. Refractometric method for determination of soluble dry substances content. Moscow: Standards Publishing; 1991. 18 p.
21. Barbossa JHO, Luna JAG, Kimoshita AMO, Baffa Filho O. Correlation between antioxidant activity and coffee beverages quality by electron spin resonance spectroscopic. *Ciencia e Agrotecnologia*. 2013;37(6):465–501. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542013000600002>.
22. Passos CP, Kukurova K, Basil E, Fernandes PAR, Neto A, Nunes FM, et al. Instant coffee as a source of antioxidant-rich and sugar-free coloured compounds for use in bakery: Application in biscuits. *Food Chemistry*. 2017;231:114–121. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.03.105>.
23. Jimenez-Zamora A, Pastoriza S, Rufian-Henares JA. Revolorization of coffee by-products. Prebiotic, antimicrobial and antioxidant properties. *LWT – Food Science and Technology*. 2015;61(1):12–18. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.11.031>.
24. Noguchi K, Matsuzaki T, Sakanashi M, Hamadate N, Uchida T, Kina-Tanada M, et al. Effect of caffeine contained in a cup of coffee on microvascular function in healthy subjects. *Journal of Pharmacological Sciences*. 2015;127(2):217–222. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jphs.2015.01.003>.
25. Scully DS, Jaiswal AK, Abu-Ghannam N. An investigation into spent coffee waste as a renewable source of bioactive compounds and industrially important sugars. *Bioengineering*. 2016;3(4). DOI: <https://doi.org/10.3390/bioengineering3040033>.


Сведения об авторах

Пугачева Александра Сергеевна

студент кафедры технологии и организации общественного питания, ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», 443100, Россия, г. Самара, ул. Малогвардейская, 244, e-mail: pugachevaalexandra@gmail.com

Макарова Надежда Викторовна

д-р хим. наук, заведующая кафедрой технологии и организации общественного питания, ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», 443100, Россия, г. Самара, ул. Малогвардейская, 244, e-mail: makarovanv1969@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-0112-0085>

Игнатова Динара Фанисовна

канд. техн. наук, доцент кафедры технологии и организации общественного питания, ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», 443100, Россия, г. Самара, ул. Малогвардейская, 244, e-mail: dinara-bakieva@mail.ru


Information about the authors

Alexandra S. Pugacheva

Student of the Department of Technology and Organization of Public Catering, Samara State Technical University, 244, Molodogvardeyskaya Srt., Samara, 443100, Russia, e-mail: pugachevaalexandra@gmail.com

Nadezhda V. Makarova

Dr.Sci.(Chem.), Head of the Department of Technology and Organization of Public Catering, Samara State Technical University, 244, Molodogvardeyskaya Srt., Samara, 443100, Russia, e-mail: makarovanv1969@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-0112-0085>

Dinara F. Ignatova

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Department of Technology and Organization of Public Catering, Samara State Technical University, 244, Molodogvardeyskaya Srt., Samara, 443100, Russia, e-mail: dinara-bakieva@mail.ru

Разработка и оценка качества диабетического желейного мармелада «Каркаде», обогащенного янтарной кислотой¹

А. Н. Табаторович^{1,*}, И. Ю. Резниченко²

¹ АНОО ВО Центросоюза РФ «Сибирский университет потребительской кооперации», 630087, Россия, г. Новосибирск, проспект К. Маркса, 26

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

Дата поступления в редакцию: 25.03.2019

Дата принятия в печать: 21.06.2019

*e-mail: alex.tab68@mail.ru



© А. Н. Табаторович, И. Ю. Резниченко, 2019

Аннотация. Комплексная диетотерапия при сахарном диабете 2 типа предполагает потребление кондитерских изделий на основе фруктозы, сахарозаменителей и/или интенсивных подсластителей. В рецептуре диабетического желейного мармелада «Каркаде» на агаре полностью исключались сахар и патока. Сладкий вкус обеспечивался благодаря комбинации сорбита (Е420) и гликозильного стевियोзида «Кристалл», имеющих коэффициент сладости к сахарозе 0,6 и 150 соответственно. Наполнителем была полидекстроза, имеющая нейтральный вкус, являющаяся низкокалорийным пребиотиком (1 ккал/г), водорастворимым пищевым волокном. Источником красящих и физиологически активных веществ мармелада являлся водный настой сухих прицветников гибискуса или «Каркаде». Обогащающей добавкой служила янтарная кислота, повышающая инсулинорезистентность клеток, снижающая риск проявления диабетических осложнений. Для максимального извлечения антоцианов сырье настаивали 30 минут, гидромодуль 1:10, 80 °С. Для стабилизации антоцианов в настой вводили лимонную кислоту (1,2 г/100 см³). Исследования проводились стандартными методами. Антоцианы определяли методом рН-дифференциальной спектрофотометрии, органические кислоты в мармеладе – методом газожидкостной хроматографии. Оптимальные рецептурные соотношения агара, стевियोзида, настоя гибискуса составили (%): 16,0:0,4:15,0. Консервант не применялся. Дозировка сорбита в мармеладе составила 380 г/кг, янтарной кислоты – 2 г/кг. Диабетический желейный мармелад «Каркаде» по органолептическим показателям соответствовал ГОСТ 6442. Влажность после изготовления составила 18,7 %, среднее содержание микронутриентов (мг/100 г): антоцианов 38,8, калия 33,1, магния 5,1, марганца 0,48, цинка 0,0015. Потери янтарной кислоты при производстве мармелада не установлены. В 50 г мармелада ее содержание составило около 100 г или 50 % адекватной суточной нормы потребления. Мармелад «Каркаде» с янтарной кислотой является специализированным обогащенным продуктом для диабетического питания.

Ключевые слова. Мармелад, настой гибискуса, агар, микронутриенты, антоцианы, янтарная кислота, сорбит, стевियोзид, диабетическое питание

Для цитирования: Табаторович А. Н. Разработка и оценка качества диабетического желейного мармелада «Каркаде», обогащенного янтарной кислотой / А. Н. Табаторович, И. Ю. Резниченко // Техника и технология пищевых производств. – 2019. – Т. 49, № 2. – С. 320–329.
DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-2-320-329>.

Original article

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

Formulation and Quality Assessment of Diabetic Jelly Marmalade 'Karkade' Fortified with Succinic Acid

A.N. Tabatorovich^{1,*}, I.Yu. Reznichenko²

¹ Siberian University of Consumer Cooperation, 26 Karl Marx Ave., Novosibirsk, 630087, Russia

² Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia

Received: March 25, 2019

Accepted: June 21, 2019

*e-mail: alex.tab68@mail.ru



© A.N. Tabatorovich, I.Yu. Reznichenko, 2019

Abstract. Complex diet therapy for type II diabetes involves confectionery products based on fructose, sugar substitutes, and/or intensive sweeteners. The formulation of diabetic jelly marmalade 'Karkade' does not contain sugar or molasses. Sweetness was

¹ Материал опубликован в рамках II Международного симпозиума «Инновации в пищевой биотехнологии». 13–14 мая 2019 г., Кемерово, Кемеровский государственный университет.

provided by the combination of sorbitol (E420) and glycosyl stevioside 'Crystal'. Their sweetness to sucrose ratio was 0.6 and 150, respectively. Polydextrose was used as a filler. Polydextrose is a low-calorie prebiotic (1 kcal/g) and a water-soluble dietary fiber with a neutral taste. Water infusion of dry bracts of hibiscus (*Hibiscus Sabdariffa* L.), or Karkade, gave the marmalade its color and physiologically active substances. Fortification was provided by succinic acid, which was chosen as an acidity regulator since it increases cell insulin resistance and reduces the risk of diabetic complications. For maximum extraction of anthocyanins, the raw material was infused for 30 minutes at a ratio of 1:10 at 80°C. Citric acid (1.2 g/100 g) was added into the infusion to stabilize the anthocyanins. The research involved standard methods. The method of pH-differential spectrophotometry was used to determine the level of anthocyanins, while the method of gas-liquid chromatography was employed to determine organic acids in the marmalade. The optimal ratio of agar, stevioside, and hibiscus infusion (%) was defined as 16.0:0.4:15.0. No preservative was used. The marmalade contained 380 g/kg of sorbitol and 2 g/kg of succinic acid. The sensory properties of the marmalade corresponded with the State Standard. The marmalade had a slightly astringent sweet and sour taste, a burgundy color, and a jelly-like consistency with no syneresis. The average value of physical and chemical parameters at the time of manufacture was as follows: moisture – 18.7%, total acidity – 12.4 degrees, plastic strength – 22.0 kPa. The average content of micronutrients (mg/100 g) was as follows: anthocyanins – 38.8, potassium – 33.1, calcium – 11.3, magnesium – 5.1, manganese – 0.48, iron – 0.35, zinc – 0.0015, and succinic acid – 214.0. No loss of succinic acid was registered during processing and 3 months of storage. The content of succinic acid in 50 g marmalade was amounted to about 100g, or 50% of the acceptable daily intake. Thus, marmalade 'Karkade' with succinic acid can be considered a functional fortified product for diabetic diet.

Keywords. Marmalade, hibiscus infusion, agar, micronutrients, anthocyanins, succinic acid, sorbitol, stevioside, diabetic nutrition

For citation: Tabatorovich AN, Reznichenko IYu. Formulation and Quality Assessment of Diabetic Jelly Marmalade 'Karkade' Fortified with Succinic Acid. Food Processing: Techniques and Technology. 2019;49(2):320–329. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-2-320-329>.

Введение

К числу важнейших современных медицинских и социальных проблем во всем мире относится сахарный диабет из-за несвоевременного диагностирования, массовой распространенности, неконтролируемого роста заболеваемости, развития необратимых осложнений – синдрома диабетической стопы, макро- и микроангиопатий, нефропатии, ретинопатии, ишемической болезни сердца, инфарктов и других последствий, ведущих к ранней инвалидности и летальному исходу [1].

Данные Минздрава и официального Регистра сахарного диабета свидетельствуют о том, что на 31 декабря 2017 г в РФ насчитывалось почти 4,5 млн больных с подтвержденным заболеванием. Однако в последнем Атласе диабета для России, более объективно учитывающее состояние проблемы, приводится значение 8,5 млн чел. Наибольшая заболеваемость фиксируется и прогнозируется по сахарному диабету 2 типа (инсулиннезависимому), при котором нарушается резистентность клеток к инсулину, из-за чего возникает устойчивая гипергликемия. По официальным данным, 54,7 % больных диабетом 2 типа приходится на пациентов старше 65 лет [2, 3].

Кондитерские изделия не являются приоритетными для диабетического питания. Но важное для больных диабетом ощущение сладкого вкуса обеспечивается, в том числе, кондитерскими изделиями, которые содержат подслащивающие вещества. Диабетические кондитерские изделия являются составной частью специализированной пищевой продукции диетического лечебного или диетического профилактического питания, в которой отсутствуют или снижено содержание легкоусвояемых углеводов (моносахаридов – глюкозы, фруктозы, галактозы и дисахаридов – сахарозы, лактозы) относительно их содержания в аналогичной пищевой продукции и или изменен углеводный состав» [4].

Специализированное питание рассматривается как неотъемлемая часть лечения и поддержания об-

раза жизни при сахарном диабете 2 типа. Важным направлением индустрии диабетического питания является разработка и внедрение в производство изделий с заданным составом, включающим не только элиминацию и замещение сахара на фруктозу, сахарозаменители и/или интенсивные подсластители, но и одновременное обогащение изделий микроэлементами, дефицит которых при диабете имеет выраженный характер [5]. Наиболее важными лимитирующими микроэлементами при диабете 2 типа считаются цинк, селен, хром, марганец, липоевая, аскорбиновая и янтарная кислоты, витамины Е и группы В [5, 6].

Учитывая снижение иммунитета при диабете, сопровождающееся активизацией аллергических и токсических реакций, разработку специализированных кондитерских изделий предпочтительно осуществлять при отсутствии в рецептурах искусственных красителей, ароматизаторов и консервантов.

Прицветники или прицветные листья цветков гибискуса («суданской розы», «Каркадэ»), являющегося одним из разновидностей рода гибискус семейства Мальвовых (*Hibiscus Sabdariffa* L.), обладают уникальным химическим составом. Их отличает сравнительно высокое содержание калия, магния, кальция, железа, цинка, идентифицированы β-каротин, β-ситостерин, пектинов, аскорбиновой, яблочной, лимонной кислот и других микроэlementов [7, 8]. Настой гибискуса используется самостоятельно как чайный напиток, пищевая ценность которого обусловлена антоцианами, катехинами и другими полифенолами. Показана его высокая антиоксидантная активность [8]. Имеется положительный опыт применения настоя в производстве желеинового мармелада на сахаре. В данной работе планировалось применить концентрированный настой гибискуса как компонент диабетического желеинового мармелада с целью профилактики сосудистых осложнений.

Из-за участия в цикле Кребса (клеточное дыхание и окислительное фосфорилирование) янтарная кис-

лота или сукцинат ($C_4H_6O_4$) как в составе лекарственных препаратов, так и включенная в биологически активные добавки, почти 50 лет успешно применяется в разных областях медицины. В кардиологии и неврологии выявлен антигипоксический, адаптогенный, антистрессорный, противосудорожный и ноотропный эффект янтарной кислоты на организм. На модели индуцированного сахарного диабета у животных после введения сукцинатсодержащего препарата наблюдалось снижение сахара крови. Инсулинотропное действие и повышение чувствительности клеток к инсулину имеют место при регулярном применении препаратов янтарной кислоты. Доказана устойчивая связь между приемом янтарной кислоты и снижением проявлений полинейропатических осложнений у пожилых пациентов [9].

Янтарная кислота является пищевой добавкой – регулятором кислотности (E363). Была установлена максимальная дозировка для десертов: не более 6 г/кг. Она также официально признана парафармацевтиком, минорным компонентом пищи с адекватной суточной нормой потребления 200 мг [10]. В природе янтарная кислота часто фиксируется во фруктах и овощах, находящихся в стадии технической зрелости.

В кондитерском производстве янтарная кислота применяется редко. Установлено ее влияние на замедление скорости окисления липидов во фритюрах и выпеченных полуфабрикатах при их хранении [11].

Ранее получены результаты, показывающие практически стопроцентную сохранность янтарной кислоты при ее введении в качестве обогащающей добавки в состав желейного и желеино-фруктового мармелада [12]. Данные по использованию янтарной кислоты в диабетических кондитерских изделиях отсутствуют.

Цель работы заключалась в разработке оптимальной рецептуры и оценке качества диабетического желейного формового мармелада «Каркадэ» на агаре на основе настоя лепестков гибискуса, дополнительно обогащенного янтарной кислотой.

Определены следующие основные задачи исследования:

- выявить оптимальные параметры экстрагирования сухого сырья для получения настоя гибискуса;
- определить химический состав и показатели качества настоя гибискуса;
- апробировать технологию производства желейного диабетического мармелада;
- установить содержание микронутриентов в мармеладе, выявить степень сохранности янтарной кислоты;
- определить органолептические, отдельные физико-химические и микробиологические показатели качества мармелада.

Объекты и методы исследования

Объектами исследования явились:

- настой лепестков гибискуса водный, полученный из сырья, расфасованного в потребительские упаковки из целлофана, массой нетто 80 г, (упаковщик ООО «Орими Трейд», ТМ «Принцесса Ява») (далее, настой);

– желейный формовой мармелад «Каркадэ» на агаре, без сахара и патоки, произведенный по составленной оптимальной рецептуре.

Основным сырьем являлись: агар с прочностью студня по Никану 900 г/см² (Чили), сорбит пищевой гранулированный (E420) по ТУ 9325-002-94444-6794-2007 (ООО ТД «Диамир», Московская обл.), стевииозид «Кристалл» гликозильный (E960) с коэффициентом сладости 150 (Шаньдунь, Китай), полидекстроза «Litesse»® (E1200) порошкообразная (DuPont Danisco, Англия), кислота пищевая лимонная моногидрат по ГОСТ 908. Дополнительным сырьем являлся настой и синтетическая янтарная кислота (E363). Для обсыпки мармелада применялась низкокалорийная кокосовая стружка (ООО «Эковкус», Россия). Импортное сырье сопровождалось соответствующими спецификациями с указанием нормативов качества и безопасности.

Выбор агара в качестве студнеобразователя в технологии производства диабетического желейного мармелада обусловлен его способностью образовывать студни без участия сахара, а также сравнительно низкой начальной температурой желирования (38–39 °С), что удобно технологически.

Применение многоатомного спирта сорбита в комбинации со стевииозидом оказывает синергический эффект сладости и позволяет немного снизить калорийность мармелада. Стевиозид «Кристалл» (коммерческое название) представляет собой мелкокристаллический белый порошок с характерным запахом, произведен из экстракта стевии по технологии межмолекулярной ферментации (гликозилирования). Уменьшение степени сладости до 135–150 в стевииозиде «Кристалл» создается путем гидролиза химических связей между общим агликоном и углеводными остатками в исходном стевииозиде (степень сладости к сахарозе 300–350), расщеплении молекулы, выделения ребаудиозида А с чистым сладким привкусом и удаления ребаудиозидов В, С, дийкозида и других фракций, имеющих горьковато-приторное послевкусие.

Полидекстроза представляет собой разветвленный полимер, синтезированный из остатков глюкозы, соединенных преимущественно 1,6- связями, с незначительным содержанием сорбита. Полидекстроза является растворимым пищевым волокном, который в организме практически в неизменном виде доходит до толстого кишечника, где медленно переваривается, оказывая пребиотический эффект [13].

Полидекстроза – пищевая добавка (E1200), разрешенная к применению в производстве пищевых продуктов. Максимальный уровень ее в пищевых продуктах не установлен. Выполняет технологические функции стабилизатора, загустителя, влагоудерживающего агента, носителя [4]. Как низкокалорийный (1 ккал/г) наполнитель, имеющий нейтральный вкус, в сочетании с сахарозаменителями полидекстроза применяется при полной или частичной замене сахарозы в различных пищевых системах. Она не обладает кариогенным эффектом. Проведены исследования, связанные с полной и частичной заменой патоки на полидекстрозу, в технологии

производства желеино-пектинового мармелада на сахаре [14].

Так как настой планировалось применять в рецептуре мармелада, прежде всего, для окрашивания изделий, то важнейшим условием являлась максимизация содержания в нем антоцианов и их динамика в процессе хранения. Известно, что спирт и водно-спиртовые смеси наиболее полно экстрагируют антоциановые пигменты. Гидроксильные группы в составе спирта также могут оказывать положительное влияние на прочность агаровых студней. Однако применение этанола как компонента экстрагирующих смесей повышает себестоимость готовых изделий, а также их нельзя использовать в питании детей и школьников. В данной работе экстрагентом являлась вода.

Для достижения более полной и быстрой экстракции действующих начал растения сухие лепестки гибискуса предварительно измельчали до размеров частиц 0,3–0,5 см. Выбранный гидромодуль составлял 1:10, что соответствовало требованиям Государственной Фармакопеи в отношении приготовления настоев растений, не имеющих в составе ядовитых или сильнодействующих начал.

Об эффективности экстрагирования сухого сырья судили по изменению оптической плотности настоя на спектрофотометре «UNICO 2100» (Россия) при заданной длине волны 540 нм. Фиксируемая данным прибором оптическая плотность (вариация измерений от 0 до 3,0) прямо пропорциональна содержанию антоцианов в образцах настоя. В качестве независимых переменных выступали: X_1 – температура экстрагирования, °С; X_2 – время экстрагирования, мин. Параметром оптимизации считалась величина D (оптическая плотность).

Для определения оптимальной температуры и времени экстрагирования навески измельченного сырья помещали в эмалированную емкость, заливали водой (1:10), накрывали крышкой и экстрагировали в течение 10–90 мин при температурах 60 °С, 80 °С и 100 °С на водяной бане. Через каждые 20 мин брали пробы настоя для определения величины оптической плотности. Образцы хранили в течение 2 ч при обычных условиях в закрытых стеклянных сосудах в темном месте.

Моделирование оптимальной рецептуры желеино-пектинового мармелада проводилось на основе анализа полного факторного эксперимента 2^3 – центрального композиционного планирования. Использовались возможности Microsoft Excel (подробнее в разделе «Результаты и обсуждение»).

В работе применялась традиционная технология желеино-пектинового неглазированного мармелада на агаре, которая была оптимизирована в связи с исключением из состава сахара и патоки [15]. Введение настоя и янтарной кислоты проводилось на стадии темперирования мармеладной массы (52–55 °С).

Исследование настоя и мармелада осуществлялось традиционными методами [16]. Определение массовой доли влаги и сухих веществ проводилось термогравиметрическим методом на анализаторе влажности «ЭВЛАС-2» (Россия), содержание пек-

тиновых веществ – весовым кальций-пектатным методом, кислотности – потенциометрическим титрованием с помощью рН-метра 150-МИ, пластической прочности мармеладного студня – на электронном структуромере С-1.

Суммарное содержание антоцианов в пересчете на преобладающий цианидин-3-глюкозид в мармеладе определялось на спектрофотометре «UNICO 2100» методом рН-дифференциальной спектрофотометрии, основанном на специфическом для антоцианов изменении поглощения света в зависимости от рН раствора [17].

Содержание янтарной кислоты и других органических кислот в мармеладе осуществлялось методом газожидкостной хроматографии на хроматографе «Хроматэк Кристалл 5000.1» (Россия) с пламенно-ионизационным детектором (капиллярная колонка DV-5: 30м×0,53мм×1,5мкм, ротационный испаритель (220 °С), газ-носитель азот – расход 25 см³/мин, микрошприц Hamilton (Англия) на 0,01 см³). Кислоты, находящиеся в пробе мармелада, были предварительно этерифицированы в летучие этиловые эфиры, идентификация которых проводилась по времени удержания эфиров-метчиков стандартной смеси кислот в виде хроматографических пиков [16].

Содержание минеральных веществ определялось методом пламенной атомной абсорбции на атомно-абсорбционном спектрометре Varian 240F (Германия). Содержание дрожжей и плесеней в мармеладе – по ГОСТ 10444.12–2013 (питательная среда Сабуро), КМАФАнМ – по ГОСТ 10444.15–94 (питательная среда мясо-пептонный бульон с глюкозой).

Органолептические показатели мармелада оценивались на соответствие характеристикам, указанным в ГОСТ 6442–2014 [18].

Исследования проводились на базе кафедры товароведения и экспертизы товаров Сибирского университета потребительской кооперации. Минеральный состав и содержание органических кислот в мармеладе определялись в лаборатории аккредитованного испытательного центра ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Омской области». Исследования выполнены в 4 кратной повторности. Данные в таблицах представлены в виде $X \pm \Delta x$, где X – средняя выборочная величина, Δx – предельная ошибка средней при доверительной вероятности $P = 0,95$.

Результаты и их обсуждение

Был определен оптимальный режим получения настоя: температура экстрагирования = 80 °С, время – 30 мин, гидромодуль 1:10. При этих значениях величина D составляла 1,436 и являлась максимальной.

Было подтверждено, что экстрагирование более 30 мин при температуре свыше 80 °С (до 100 °С) приводит к уменьшению оптической плотности, вероятно, за счет окисления антоцианов до бесцветных хиноновых производных и их термического разложения [19].

Из-за высокой концентрации полифенольных компонентов настоя имел насыщенный темно-бордовый цвет, выраженную терпкость, обусловленную флавонолами, и умеренную кислотность.

Таблица 1. Минеральный состав, содержание антоцианов и физико-химические показатели настоя гибискуса

Table 1. Mineral composition, anthocyanin content, and physico-chemical indicators of the hibiscus infusion

Показатель	Значения показателей
Массовая доля сухих веществ, %	5,23 ± 0,16
Массовая доля титруемых кислот (в пересчете на лимонную), %	1,47 ± 0,09
pH	3,13 ± 0,07
Массовая доля пектиновых веществ (общий пектин), %	0,110 ± 0,001
Содержание антоцианов в пересчете на цианидин-3-глюкозид, мг/100 г	929,0 ± 61,1
Содержание макроэлементов, мг/100 г:	
калий	114,9 ± 19,2
натрий	28,5 ± 3,3
кальций	87,1 ± 18,5
магний	45,7 ± 12,6
Содержание микроэлементов, мг/100 г:	
железо	0,18 ± 0,05
марганец	3,1 ± 0,9
цинк	0,0061 ± 0,0008

В таблице 1 отражено содержание микронутриентов и физико-химические показатели настоя при оптимальном режиме экстрагирования.

Из таблицы 1 следует, что настой обладает кислой реакцией, хорошо обеспечен соединениями калия, кальция и магния, по микроэлементам выделяется марганец. На момент изготовления настоя являлся природным концентратом антоцианов. Однако антоцианы являются крайне неустойчивыми соединениями, окисляющимися ферментом полифенолоксидазой, который имеет оптимум действия pH 5,0–7,0.

Для изучения степени устойчивости антоцианов было предложено сравнить динамику их содержания в настое. Для сравнения с контролем в настое сразу после добавления воды вводили лимонную кислоту. Образцы хранили в течение 2 ч при обычных условиях в закрытых стеклянных сосудах в темном месте. С интервалом 20 минут брали пробы и определяли содержание антоцианов на спектрофотометре. Результаты эксперимента представлены на рисунке 1.

Установлено, что добавление в настое лимонной кислоты стабилизирует антоцианы. При этом pH настоя уменьшается до 2,2–2,3, снижается активность полифенолоксидазы и, возможно, других ферментов, катализирующих окисление антоцианов. Кроме того, являясь лигандами в реакциях комплексообразования, цитрат анионы могут устойчиво связывать катионы поливалентных металлов, образующих с антоцианами менее прочные комплексы. На основе полученных данных рекомендовано получать настое непосредственно перед внесением в мармеладную массу и хранить не более 2 часов в защищенном от света месте.

При обосновании оптимальной рецептуры желатинного диабетического мармелада «Каркаде», обогащенного янтарной кислотой, учитывались следующие положения:

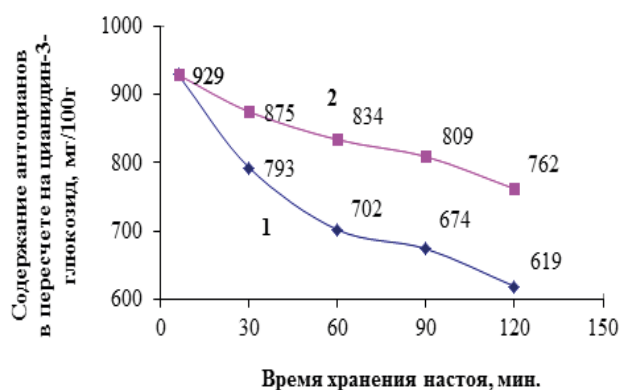


Рисунок 1. Динамика антоцианов в настое гибискуса при хранении (указаны средние значения): 1 – контроль; 2 – с лимонной кислотой (1,2 г/100 см³ настоя)

Figure 1. Dynamics of anthocyanins in the hibiscus infusion during storage (average values): 1 – control sample; 2 – sample with citric acid (1.2 g per 100 cm³ of infusion)

- планируемая норма потребления мармелада составляет не более 50 г в сутки, что эквивалентно 2–3 изделиям;
- адекватный суточный уровень потребления янтарной кислоты для всех категорий населения составляет 200 мг [10], предполагаемое ее содержание как функционального пищевого ингредиента в 50 г мармелада (суточной порции) составит 100 мг или 50 % от уровня потребления (по ГОСТ Р 52349 – не менее 15 %);
- на основе, установленной ранее, стабильности янтарной кислоты при производстве желатинного мармелада «Каркаде» на сахаре ее возможные потери при производстве диабетического мармелада не учитывались;
- адекватный суточный уровень потребления сорбита (как в чистом виде, так и в составе изделий на его основе) составляет 15–20 г, а максимальный 40 г [10]; потребление в количестве свыше 20 г может вызывать послабляющий эффект;
- кислоты в изделиях на агаре являются только вкусовой добавкой, а их избыток отрицательно сказывается на прочности агаровых студней; сахар повышает прочность студней. Поэтому содержание кислот в мармеладе должно быть минимальным, а дозировку агара в диабетическом мармеладе, по сравнению с мармеладом на сахаре, рекомендовано увеличить;
- на основе данных о консервирующем действии сорбита [20] было решено не вводить в рецептуру мармелада какой-либо консервант, а после изготовления изучить микробиологические показатели, в сравне-

Таблица 2. Условия планирования эксперимента

Table 2. Experiment planning conditions

Условия планирования	Пределы изменения факторов		
	X ₁ , %	X ₂ , %	X ₃ , %
Основной уровень (0)	13,0	0,6	18,0
Интервал варьирования (▲)	3,0	0,2	3,0
Верхний уровень (+1)	16,0	0,8	21,0
Нижний уровень (-1)	10,0	0,4	15,0

Таблица 3. Результаты планирования эксперимента для желейного диабетического мармелада «Каркаде»

Table 3. Experiment planning results for diabetic jelly marmalade 'Karkade'

№ опыта	Значения факторов			Выходные параметры		
	X ₁ , %	X ₂ , %	X ₃ , %	Y ₁ , балл	Y ₂ , кПа	Y ₃ , ед. рН
1	10,0	0,4	15,0	22,0	15,7	4,01
2	10,0	0,8	15,0	21,8	14,0	3,90
3	16,0	0,4	15,0	29,3	22,0	3,87
4	16,0	0,8	15,0	25,7	21,4	3,89
5	10,0	0,4	21,0	19,2	12,3	3,52
6	10,0	0,8	21,0	18,8	11,8	3,57
7	16,0	0,4	21,0	24,7	16,4	3,54
8	16,0	0,8	21,0	19,4	16,4	3,49

нии с образцами мармелада, в которые был добавлен калия сорбат (Е202) в количестве 0,5 г/кг.

Таким образом, норма закладки янтарной кислоты в рецептуре составила 2,0 г/кг. Кислотность мармелада будет формироваться за счет комбинации: добавки янтарной кислоты, органических кислот настоя, и добавленной в него, синтетической лимонной кислоты (1,2 г/100 см³). Дозировка сорбита составила 380 г/кг. То есть по расчету в 50 г мармелада (на уровне верхней границы его потребления в сутки) – 19 г. При определении количества полидекстрозы за основу была взята ее дозировка в ранее проводимых исследованиях [14].

При проведении факторного анализа в качестве основных факторов, влияющих на показатели готовых изделий, были выбраны (% к массе мармелада): X₁ – дозировка агара в желе; X₂ – дозировка стевियोзида (интенсивного подсластителя); X₃ – дозировка настоя. Указанные факторы являются независимыми и совместимы между собой.

Пределы изменения исследуемых факторов приведены в таблице 2.

В качестве критериев оценки влияния рецептурных компонентов на качество мармелада выступали следующие выходные параметры: Y₁ – средняя суммарная органолептическая оценка готового мармелада, балл; Y₂ – пластическая прочность студня после изготовления и сушки, кПа; Y₃ – активная кислотность (рН), ед.

Эксперимент проводили в лабораторных условиях, расчеты производились на 1 кг готовых изделий. Порядок экспериментов определялся по таблицам случайных чисел.

Результаты планирования эксперимента представлены в таблице 3.

В результате статистической обработки данных были получены следующие уравнения регрессии:

$$Y_1 = 0,72X_1 - 3,9X_2 - 0,6X_3 + 29,3; \quad (1)$$

$$Y_2 = 0,98X_1 - 1,75X_2 - 0,68X_3 + 17,31; \quad (2)$$

$$Y_3 = -0,0083X_1 - 0,18X_2 - 0,065X_3 + 5,14. \quad (3)$$

Адекватность полученных моделей была проверена с помощью F-критерия Фишера.

Таблица 4. Рецепттура желейного диабетического мармелада «Каркаде» с янтарной кислотой

Table 4. Formulation of jelly diabetic marmalade 'Karkade' fortified with succinic acid

Наименование сырья	Массовая доля сухих веществ, %	Расход сырья на 1000 кг готовой продукции, кг	
		в натуре	в сухих веществах
Сорбит пищевой	98,5	390,0	384,1
Стевиозид «Кристалл» гликозильный	99,0	0,4	0,4
Полидекстроза	96,0	380,0	364,8
Агар 900	85,0	16,0	13,6
Настой гибискуса водный (1:10)	5,0	150,0	7,5
Кислота лимонная	91,2	1,8	1,6
Кислота янтарная	99,0	2,0	2,0
Кокосовая стружка	97,0	25,0	24,3
Итого	–	965,2	798,3
Выход	80,0	1000,0	800,0

Анализ уравнений подтверждает положительное влияние агара при увеличении его содержания в рецептуре на общую органолептическую оценку и пластическую прочность мармелада. Увеличение дозировки стевियोзида оказывает обратное воздействие. При увеличении содержания настоя снижается пластическая прочность и активная кислотность мармеладного студня, что нежелательно для изделий на агаре.

По результатам проведенного эксперимента установлено оптимальное рецептурное соотношение в диабетическом желейном мармеладе агара, стевियोзида и настоя (%) – 16,0:0,4:15,0.

Разработанная рецептура мармелада приведена в таблице 4.

Изменения традиционной схемы производства желейного формового мармелада на агаре связаны с отсутствием сахара, патоки и технологическими особенностями полидекстрозы. Установлено, что для предупреждения спекания и образования текучего расплава после охлаждения превращающегося в стекловидную массу, рецептурное количество порошкообразной полидекстрозы сначала следует постепенно диспергировать в воде при температуре 50–60 °С, обеспечивая воздействие механической мешалкой. После полного растворения в варочном котле концентрированный раствор полидекстрозы доводится до кипения, затем вводится смесь сорбита и стевियोзида, а после – агар. Длительность уваривания составляет 10–12 мин.

Желейный диабетический мармелад на момент изготовления по органолептическим показателям соответствовал нормативам ГОСТ 6442–2014 [18]. Мармелад обладал слегка вязущим кисло-сладким привкусом и запахом, присущим настою. Имел красивый бордовый цвет, эластичную студнеобразную консистенцию, позволяющую разрезать его ножом, без признаков синерезиса. Был отмечен стекловид-

Таблица 5. Физико-химические показатели и содержание микронутриентов в желейном мармеладе «Каркаде»

Table 5. Physico-chemical parameters and the content of micronutrients in jelly marmalade 'Karkade'

Показатель	Значение показателей
Массовая доля влаги, %	18,7 ± 0,4
Общая кислотность, град.	12,4 ± 0,5
pH	3,8 ± 0,1
Пластическая прочность студня, кПа	22,0 ± 0,1
Содержание антоцианов в пересчете на цианидин-3-глюкозид, мг/100 г	38,8 ± 6,2
Минеральные вещества, мг/100 г	
Калий	33,1 ± 9,9
Кальций	11,3 ± 3,4
Магний	5,1 ± 1,5
Марганец	0,48 ± 0,14
Железо	0,35 ± 0,10
Цинк	0,0015 ± 0,0002

ный излом, характерный для агаровых студней. Каких-либо включений пузырьков воздуха и плотной консистенции, выявленной ранее для желейного мармелада на сахаре с аналогичным содержанием полидекстрозы [14], не было отмечено.

Физико-химические показатели и содержание микронутриентов в мармеладе отражены в таблице 5.

Влажность мармелада соответствовала требованиям ГОСТ 6442–2014 (диапазон для желейного мармелада 15,0–22,0) [18]. Остальные показатели не являются регламентированными. Пластическая прочность студня оказалась в среднем на 80 % ниже, чем в мармеладе «Каркаде» на сахаре (53 % в рецептуре) с аналогичным содержанием настоя и более высокой кислотностью [12]. Однако вполне достаточной для

Таблица 6. Содержание органических кислот в желейном диабетическом мармеладе «Каркаде»

Table 6. Content of organic acids in diabetic jelly marmalade 'Karkade'

Кислота	Содержание, мг/100 мг
Яблочная	13,5 ± 3,1
Лимонная	251,0 ± 60,0
Винная	менее 5,0
Янтарная	214,0 ± 51,0
Молочная	менее 5,0
Щавелевая	менее 5,0

обеспечения формы и консистенции. Значение pH оказалось близким к оптимальному показателю для изделий на агаре. Среди определяемых макроэлементов преобладал калий, микроэлементов – марганец. Их значение в питании больных сахарным диабетом 2 типа для профилактики осложнений является общепризнанным [5].

Представляет интерес изучение в мармеладе так называемого «кислотного профиля» как в плане определения сохранности вводимой добавки янтарной кислоты, так и содержания отдельных органических кислот, которые можно рассматривать как маркеры подлинности состава желейного мармелада с гибискусом. Хроматограмма органических кислот приводится на рисунке 2, количественное содержание – в таблице 6.

Расчеты, проведенные по таблице 6, показали отсутствие потерь янтарной кислоты при производстве мармелада. Её среднее содержание (214 г/100 г) даже оказалось чуть выше закладки по рецептуре. Содержание природной яблочной кислоты оказалось незначительным. Но данные следует учитывать как один из идентификационных критериев желейного диабетического мармелада «Каркаде» при указанной

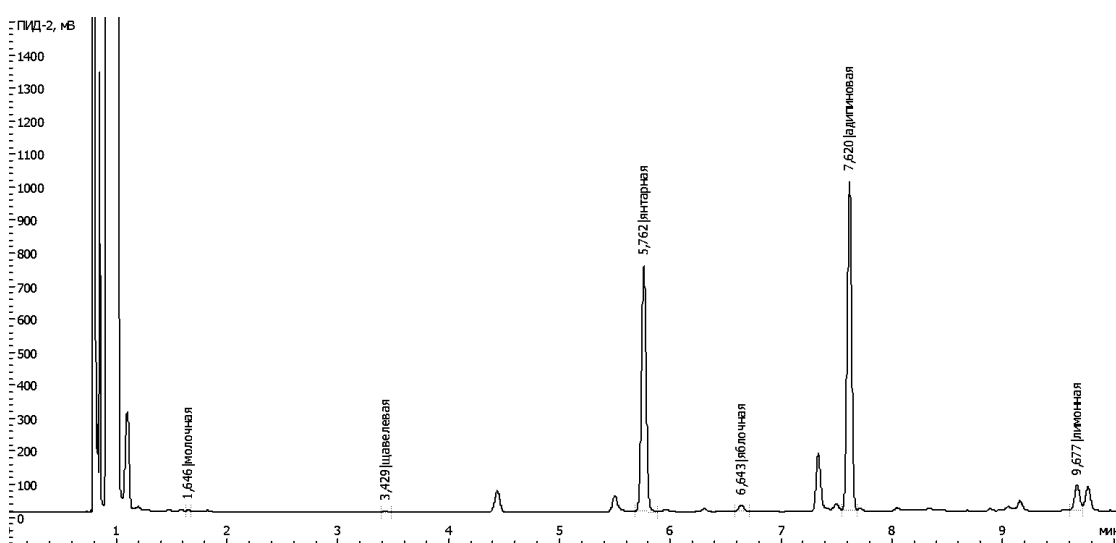


Рисунок 2. Хроматограмма органических кислот желейного диабетического мармелада «Каркаде» с янтарной кислотой (расчет по адипиновой кислоте – внутренний стандарт)

Figure 2. Chromatogram of organic acids in diabetic jelly marmalade 'Karkade' fortified with succinic acid (the amount of adipic acid was calculated according to an internal standard)

Таблица 7. Динамика микробиологических показателей в желейном диабетическом мармеладе «Каркаде» с янтарной кислотой

Table 7. Dynamics of microbiological indicators in diabetic jelly marmalade 'Karkade' fortified with succinic acid

Показатель	Норма по ТР ТС 021/2011 (п.1.4 прил. 2) [21]	Значение показателей при хранении мармелада							
		начало		1 месяц		2 месяца		3 месяца	
		1	2	1	2	1	2	1	2
КМАФАнМ, КОЕ/г	не более 1×10^3	менее 10	менее 10	менее 20	менее 10	$(3,0-3,5) \times 10$	менее 20	$(3,5-3,8) \times 10$	
Плесени, КОЕ/г	не более 50	не обнаружены							
Дрожжи, КОЕ/г	не более 50	не обнаружены							

1 – контроль (с консервантом сорбатом калия 0,5 г/кг); 2 – без консерванта;
1 – control (with preservative potassium sorbate 0.5 g/kg); 2 – without preservative.

дозировке настоя. Лимонная кислота преобладала в составе настоя и мармелада. Её природное содержание в мармеладе с учетом нахождения в настое составило в среднем 70 мг. Содержание молочной кислоты на уровне ниже 5 мг/100 г косвенно указывает на отсутствие микробиологической активности в мармеладе.

Динамика микробиологических показателей мармелада при хранении в закрытых коробках ($t = 18 \pm 3$ °С, относительная влажность воздуха 60–65 %) в течение 3 месяцев представлена в таблице 7.

Таким образом, существенных различий по микробиологическим показателям между опытными образцами мармелада «Каркаде» и контролем не выявлено. Поэтому добавление консерванта в мармелад нецелесообразно при соблюдении санитарно-гигиенических требований производства и хранения.

Благодаря высокой влагоудерживающей способности полидекстрозы и сорбита влажность мармелада после 2 месяцев хранения снизилась всего на 1,9 град. и оставалась в пределах допустимых значений. Вкус-ароматические характеристики, цвет и форма мармелада также были сохранены. Содержание янтарной кислоты при хранении находилось в пределах заявленного количества и после 2 месяцев хранения составило 207,5 мг/100 г.

Выводы

Определены оптимальные параметры экстрагирования сырья для получения настоя гибискуса с целью его дальнейшего использования в технологии мармелада, исследован химический состав настоя.

Впервые разработана рецептура диабетического желейного мармелада «Каркаде» на агаре без добавления сахара и патоки, обогащенного янтарной кислотой. Проведено научное обоснование рецептуры.

Оптимизирована технология производства мармелада с применением наполнителя полидекстрозы.

Показана высокая сохранность янтарной кислоты при производстве и хранении обогащенного мармелада, отсутствие ее воздействия на рецептурные компоненты. Содержание янтарной кислоты в 50 г мармелада находилось на уровне 50 % ее адекватной нормы потребления в сутки.

Мармелад отвечал требованиям нормативных документов по органолептическим и микробиологическим показателям, массовой доле влаги.

Выявлено отсутствие необходимости применения консерванта в рецептуре. Микронутриентный состав диабетического желейного мармелада «Каркаде» с янтарной кислотой обуславливает его использование в комплексной диетотерапии сахарного диабета 2 типа всеми половозрастными категориями населения. Установлена предельная суточная норма потребления мармелада – 50 г.

Исследования защищены патентом на изобретение РФ «Способ производства желейного мармелада специализированного назначения, обогащенного янтарной кислотой» [22].

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Дедов, И. И. Сахарный диабет типа 2: от теории к практике / И. И. Дедов, М. В. Шестакова. – М. : Медицинское информационное агентство, 2016. – 576 с.
2. Сахарный диабет в Российской Федерации: распространенность, заболеваемость, смертность, параметры углеводного обмена и структура сахароснижающей терапии по данным Федерального регистра сахарного диабета, статус 2017 г. / И. И. Дедов, М. В. Шестакова, О. К. Викулова [и др.] // Сахарный диабет. – 2018. – Т. 21, № 3. – С. 144–159. DOI: <https://doi.org/10.14341/DM9686>.
3. Официальная статистика по сахарному диабету вдвое меньше реальных цифр [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://sibmeda.ru/news/sreda-obitaniya/pоловина-rossiyan-bolnykh-sakharnym-diabetom-ne-znaet-ob-etom>. – Дата обращения 28.02.2019.
4. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности отдельных видов специализированной пищевой продукции, в том числе диетического лечебного и диетического профилактического питания» (ТР ТС 027/2012).

5. Ших, Е. В. Роль микронутриентов в терапии и профилактике осложненных сахарного диабета / Е. В. Ших, Н. А. Петунина // Русский медицинский журнал. – 2012. – Т. 20, № 13. – С. 646–649.
6. Приоритеты в разработке специализированных пищевых продуктов оптимизированного состава для больных сахарным диабетом 2 типа / В. А. Тутельян, Х. Х. Шарафетдинов, И. А. Лапик [и др.] // Вопросы питания. – 2014. – Т. 83, № 6. – С. 41–51.
7. Physicochemical and phytochemical properties of cold and hot water extraction from *Hibiscus sabdariffa* / M. M. Ramirez-Rodrigues, M. L. Plaza, A. Azeredo [et al.] // Journal of Food Science. – 2011. – Vol. 76, № 3. – P. 428–435. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2011.02091.x>.
8. Physico-chemical, mineral composition and antioxidant properties of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) extract blended with tropical fruit juices / B. Mgaуа Kilima, S. F. Remberg, B. E. Chove [et al.] // African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development. – 2014. – Vol. 14, № 3. – P. 8963–8978.
9. Смирнов, А. В. Янтарная кислота и ее применение в медицине. Часть II. Применение янтарной кислоты в медицине / А. В. Смирнов, О. Б. Нестерова, Р. В. Голубев // Нефрология. – 2014. – Т. 18, № 4. – С. 12–24.
10. МР 2.3.1.1915–04 Методические рекомендации. Рекомендуемые уровни потребления пищевых и биологически активных веществ. – М. : ФЦГСЭН Минздрава России, 2004. – 46 с.
11. Влияние янтарной кислоты на качество фритюра и липидов мучного кондитерского изделия / Л. И. Агзамова, З. Ш. Мингалеева, С. В. Борисова [и др.] // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2016. – Т. 39, № 4. – С. 79–83.
12. Степанова, Е. Н. Возможность использования янтарной кислоты в технологии производства мармелада / Е. Н. Степанова, А. Н. Табаторович // Техника и технология пищевых производств. – 2010. – Т. 17, № 2. – С. 8–12.
13. Polydextrose: Physiological Function, and Effects on Health / M. M. R. do Carmo, J. C. Walker, D. Novello [et al.] // Nutrients. – 2016. – Vol. 8, № 9. – P. 1–13. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu8090553>.
14. Полуниин, Е. Г. Влияние полидекстрозы на структурные свойства мармеладных масс / Е. Г. Полуниин, О. Г. Шубина // Известия вузов. Пищевая технология. – 2010. – Т. 314–315, № 2–3. – С. 22–24.
15. Драгилев, А. И. Технология кондитерских изделий / А. И. Драгилев, И. С. Лурье. – М. : ДеЛи принт, 2015. – 483 с.
16. Скурихин, И. М. Руководство по методам анализа качества и безопасности пищевых продуктов / И. М. Скурихин, В. А. Тутельян. – М. : Брандес – Медицина, 1998. – 340 с.
17. Р 4.1.1672–03. Руководство по методам контроля качества и безопасности биологически активных добавок к пище. – М. : ФЦГСЭН Минздрава России, 2004. – 240 с.
18. ГОСТ 6442–2014. Мармелад. Общие технические условия. – М. : Стандартинформ, 2015. – 12 с.
19. Thermal Degradation Kinetics of Anthocyanins from Blood Orange, Blackberry, and Roselle Using the Arrhenius, Eyring, and Ball Models / M. Cisse, F. Vaillant, O. Acosta [et al.] // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2009. – Vol. 57, № 14. – P. 6285–6291. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf900836b>.
20. Митчелл, Х. Подсластители и сахарозаменители / Х. Митчелл. – СПб. : Профессия, 2010. – 512 с.
21. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» (ТР ТС 021/2011) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.novotest.ru/tr-ts/021-2011>. – Дата обращения 12.03.2019.
22. Пат. 2659239 Российская Федерация, А23L21/10. Способ производства желеиног мармелада специализированного назначения, обогащенного янтарной кислотой / Резниченко И. Ю., Табаторович А. Н., Чистяков А. М.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет». – № 2017117404; заявл. 18.05.2017; опубл. 29.06.2018; Бюл. 19.

References

1. Dedov II, Shestakova MV. Sakharnyy diabet tipa 2: ot teorii k praktike [Type 2 diabetes mellitus: from theory to practice]. Moscow: Medical Information Agency; 2016. 576 p. (In Russ.).
2. Dedov II, Shestakova MV, Vikulova OK, Zheleznyakova AV, Isakov MA. Diabetes mellitus in Russian Federation: prevalence, morbidity, mortality, parameters of glycaemic control and structure of glucose lowering therapy according to the Federal Diabetes Register, status 2017. Diabetes mellitus. 2018;21(3):144–159. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.14341/DM9686>.
3. Ofitsial'naya statistika po sakharnomu diabetu vdvoe men'she real'nykh tsifr [Official statistics on diabetes is half as low as the real figures] [Internet]. [cited 2019 Feb 28]. Available from: <https://sibmeda.ru/news/sreda-obitaniya/polovina-rossiyan-bolnykh-sakharnym-diabetom-ne-znaet-ob-etom>.
4. Tekhnicheskiiy reglament Tamozhennogo soyuza 'O bezopasnosti otdel'nykh vidov spetsializirovannoy pishchevoy produktsii, v tom chisle dieticheskogo lechebnogo i dieticheskogo profilakticheskogo pitaniya' (TR TS 027/2012) [Technical regulations of the Customs Union 'On the safety of certain types of specialized food products, including dietary medical and dietary preventive nutrition' (TR CU 027/2012)].
5. Shikh EV, Petunina NA. Rol' mikronutrientov v terapii i profilaktike oslozhneniy sakharnogo diabeta [The role of micronutrients in the treatment and prevention of complications of diabetes]. Russian Medical Journal. 2012;20(13):646–649. (In Russ.).
6. Tutelyan VA, Sharafetdinov KhKh, Lapik IA, Vorobyeva IS, Sukhanov BP. Priorities in the development of specialized food products with optimized composition for patients with type 2 diabetes mellitus. Problems of Nutrition. 2014;83(6):41–51. (In Russ.).
7. Ramirez-Rodrigues MM, Plaza ML, Azeredo A, Balaban MO, Marshall MR. Physicochemical and phytochemical properties of cold and hot water extraction from *Hibiscus sabdariffa*. Journal of Food Science. 2011;76(3):428–435. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2011.02091.x>.

8. Mğaya Kilima B, Remberg SF, Chove BE, Wicklund T. Physico-chemical, mineral composition and antioxidant properties of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) extract blended with tropical fruit juices. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*. 2014;14(3):8963–8978.
9. Smirnov AV, Nesterova OB, Golubev RV. Succinic acid and its application in medicine. Part II. Application of succinic acid in medicine. *Nephrology*. 2014;18(4):12–24. (In Russ.).
10. MR 2.3.1.1915-04 Metodicheskie rekomendatsii. Rekomenduemye urovni potrebleniya pishchevykh i biologicheskii aktivnykh veshchestv [RP 2.3.1.1915-04. Recommended Practice. Recommended consumption levels of food and biologically active substances]. Moscow: Federal Center of State Sanitary and Epidemiological Surveillance of the Ministry of Health of Russia; 2004. 46 p.
11. Agsamova LI, Mingaleeva ZS, Borisova SV, Reshetnik OA. The influence of amber acid on the quality of frying oils and on the lipids of flour confectionery products. *Technology and merchandising of the innovative foodstuff*. 2016;39(4):79–83. (In Russ.).
12. Stepanova EN, Tabatorovich AN. Possibility of using succinic acid in the technology of marmalade manufacture. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2010;17(2):8–12. (In Russ.).
13. do Carmo MMR, Walker JC, Novello D, Caselato VM, Sgarbieri VC, Ouwehand AC, et al. Polydextrose: Physiological Function, and Effects on Health. *Nutrients*. 2016;8(9):1–13. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu8090553>.
14. Polunin EG, Shubina OG. Polydextrose effect on texture and structural properties of jellies. *News of Institutes of Higher Education. Food Technology*. 2010;314–315(2–3):22–24. (In Russ.).
15. Dragilev AI, Lur'e IS. *Tekhnologiya konditerskikh izdeliy [Confectionery technology]*. Moscow: DeLi print; 2015. 483 p. (In Russ.).
16. Skurikhin IM, Tutel'yan VA. *Rukovodstvo po metodam analiza kachestva i bezopasnosti pishchevykh produktov [Guide to methods for analyzing the quality and safety of food products]*. Moscow: Brandes – Meditsina; 1998. 340 p. (In Russ.).
17. R 4.1.1672–03. *Rukovodstvo po metodam kontrolya kachestva i bezopasnosti biologicheskii aktivnykh dobavok k pishche [G 4.1.1672–03. Guidelines for quality control and safety of dietary supplements]*. Moscow: Federal Center of State Sanitary and Epidemiological Surveillance of the Ministry of Health of Russia; 2004. 240 p.
18. State Standard 6442-2014. Marmalade. General specifications. Moscow: Standartinform; 2015. 12 p.
19. Cisse M, Vaillant F, Acosta O, Claudie D-M, Dormier M. Thermal Degradation Kinetics of Anthocyanins from Blood Orange, Blackberry, and Roselle Using the Arrhenius, Eyring, and Ball Models. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2009;57(14):6285–6291. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf900836b>.
20. Mitchell Kh. *Sweeteners and Sugar Alternatives in Food Technology*. St. Petersburg: Professija; 2010. 512 p. (In Russ.).
21. *Tekhnicheskiiy reglament Tamozhennogo soyuza 'O bezopasnosti pishchevoy produktsii' (TR TS 021/2011) [Technical regulations of the Customs Union 'On food product safety' (TR CU 021/2011)] [Internet]*. [cited 2019 Mar 12]. Available from: <https://www.novotest.ru/tr-ts/021-2011>.
22. Reznichenko IYu, Tabatorovich AN, Chistyakov AM. Sposob proizvodstva zheleynogo marmelada spetsializirovannogo naznacheniya, obogashchennogo yantarnoy kislotoy [Method for the production of functional jelly marmalade fortified with succinic acid]. Russia patent RU 2017117404. 2018.

Сведения об авторах

Табаторович Александр Николаевич

канд. техн. наук, доцент кафедры товароведения и экспертизы товаров, АНОО ВО Центросоюза РФ «Сибирский университет потребительской кооперации», 630087, Россия, г. Новосибирск, проспект К. Маркса, 26, тел.: + 7 (904) 584-17-00, e-mail: alex.tab68@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-3998-0125>

Резниченко Ирина Юрьевна

д-р техн. наук, профессор, заведующая кафедрой управления качеством, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (3842) 39-68-54, e-mail: Irina.Reznichenko@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-7486-4704>

Information about the authors

Alexander N. Tabatorovich

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Department Commodity and Goods Examination, Siberian University of Consumer Cooperation, 26 Karl Marx Ave., Novosibirsk, 630087, Russia, phone: + 7 (904) 584-17-00, e-mail: alex.tab68@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-3998-0125>

Irina Yu. Reznichenko

Dr.Sci.(Eng.), Professor, Head of the Department of Quality Management, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-54, e-mail: Irina.Reznichenko@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-7486-4704>

Современное состояние и перспективы развития производства хлеба и хлебобулочных изделий в России

А. Н. Кирюхина*, Р. З. Григорьева, А. Ю. Кожевникова

Дата поступления в редакцию: 09.04.2019
Дата принятия в печать: 21.06.2019

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

*e-mail: oop.vo.ef@gmail.com



© А. Н. Кирюхина, Р. З. Григорьева, А. Ю. Кожевникова, 2019

Аннотация. Трансформация российской экономики привела к значительному снижению объемов производства хлеба и хлебобулочных изделий. В настоящее время обостряется конкуренция между торговыми сетями, мини-пекарнями и хлебокомбинатами. Целью исследования было определение проблем производства хлеба и хлебобулочных изделий крупными промышленными предприятиями и разработка рекомендаций по их преодолению. Для достижения поставленной цели использованы статистические методы анализа данных. Объектом исследования являлись статистические данные ФСГС по объемам производства отдельных подгрупп хлебобулочных и мучных кондитерских изделий согласно классификатору ОКВЭД2. В ходе исследования подтверждена взаимосвязь между ухудшением экономической ситуации в стране и увеличением объемов производства хлеба и хлебобулочных изделий, что подтверждает социальную значимость хлеба. Сокращение объемов хлеба и хлебобулочных изделий происходит за счёт снижения производства изделий недлительного хранения на 1,3–2 % ежегодно. Проблемой отрасли остаются низкие экономические показатели. Так, в Кемеровской области за 2017 год уровень использования среднегодовой мощности составил 35 %, рентабельность – 2,5 %, износ оборудования 50–80 %. Установлено, что производство изделий длительного хранения, а также пониженной влажности и прочих ежегодно возрастает. За период 2010–2017 гг. произошло увеличение производства мучных кондитерских изделий длительного хранения на 45 %, ежегодное увеличение составило 4–6 %. Исследования показали, что целесообразно разделить производство на социально значимую и коммерческую продукцию. В качестве коммерческой продукции предложено увеличение производства хлебобулочных и мучных кондитерских изделий длительного хранения и пониженной влажности до характеристик массового типа производства, а также изделий со сложной уникальной рецептурой (например, безглютеновой хлебопекарной и кондитерской продукции), изделий «здорового» питания и с растительными добавками.

Ключевые слова. Хлебобулочные изделия, виды экономической деятельности, объём производства, рентабельность

Для цитирования: Кирюхина, А. Н. Современное состояние и перспективы развития производства хлеба и хлебобулочных изделий в России / А. Н. Кирюхина, Р. З. Григорьева, А. Ю. Кожевникова // Техника и технология пищевых производств. – 2019. – Т. 49, № 2. – С. 330–337. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-2-330-337>.

Original article

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

Bread Production and Bakery Products in Russia: Current State and Prospects

A.N. Kiryukhina*, R.Z. Grigoreva, A.Yu. Kozhevnikova

Received: April 09, 2019
Accepted: June 21, 2019

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

*e-mail: oop.vo.ef@gmail.com



© A.N. Kiryukhina, R.Z. Grigoreva, A.Yu. Kozhevnikova, 2019

Abstract. The transformation of the Russian economy has led to a significant reduction in the production of bread and bakery products. The recent years have seen a growing competition between retail chains, mini-bakeries, and bakeries. The present research features the problems of the production of bread and bakery products by large industrial enterprises and offers a number of possible solutions. The authors used statistical methods of data analysis. The study employed statistical data on the production volumes of bakery and flour confectionery products according to the Russian National Classifier of Types of Economic Activity as obtained from the Federal State Statistics Service. The study revealed the relationship between the deterioration of the economic situation in the country and the increase in the production of bread and bakery products, which confirms the social importance of bread. The reduction in the volume of bread and bakery products is connected with the annual decrease in the production of non-durable storage products by 1.3–2%. In 1990–2017, the volume of production decreased from 18.2 to 6.5 million tons. Low economic indicators remain a major problem of the baking industry. In 2017, the baking industry of the Kemerovo region showed the following levels:

the use of average annual capacity – 35%, profitability – 2.5%, equipment wear – 50–80%. The production of long-term storage and low humidity products increases annually. In 2010–2017, the volume of production increased by 28.78%, and in 2017 it amounted to 552,000 tons. In 2010–2017, there was an increase in the production of flour confectionery products of long-term storage by 45%; the annual increase was 4–6%. In 2010–2017, production of flour confectionery products increased from 1.43 to 1.92 million tons. The research proved that it is advisable to divide the production of bakery and flour confectionery products into socially significant and commercial products. The authors believe that socially important products should include bakery products of short-term storage, as well as healthy foods with vegetable additives. As for commercial products, bakery products of long-term storage and low humidity should include products with a complex unique recipe, e.g. gluten-free bakery and confectionery products. To solve this problem, Kemerovo State University is currently developing scientifically based recipes and technologies for bakery products fortified with iodine, selenium, and various natural additives, e.g. sea buckthorn, cranberry, viburnum, etc.

Keywords. Bakery products, economic activities, production volume, profitability

For citation: Kiryukhina AN, Grigoreva RZ, Kozhevnikova AYU. Bread Production and Bakery Products in Russia: Current State and Prospects. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2019;49(2):330–337. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-2-330-337>.

Введение

Хлебопекарное производство, как и всякий бизнес, имеет тенденцию к обновлению и развитию. Меняется ассортимент хлебобулочных изделий, формат их производства. Наравне с хлебозаводами на рынок выходят сетевые мини-пекарни, собственные производственные цехи в крупных торговых сетях. Об актуальных проблемах хлебопечения на бизнес-портале «Континент Сибирь» своё мнение высказали: основатель сети «Дело в хлебе» Елизавета Шеховцова, директор сети пекарен «Schmidt» Владимир Шмидт, директор сети пекарен «Kushnarev» Алексей Кушнарев, экс-директор «Первого мелькомбината» Иван Тимченко, коммерческий директор ЗАО «Хлебокомбинат «Инской» Дмитрий Белобородов, коммерческий директор ООО «ГХ Сибирский Гигант» Ольга Занина, директор департамента маркетинга и рекламы АО «Сибирская хлебная корпорация» Алексей Шестак (г. Новосибирск). Размещены их краткие сообщения, посвящённые вопросам конкуренции между торговыми сетями, мини-пекарнями и хлебокомбинатами [1].

В настоящее время претерпевает изменения система общероссийских классификаторов. Это создаёт проблему сопоставления данных, публикуемых в научной литературе. Поэтому считаем необходимым отметить изменения, произошедшие в классификации отраслей.

Целью исследования является определение проблем производства хлеба и хлебобулочных изделий, мучных кондитерских изделий крупными промышленными предприятиями и поиск путей их решения. Для этого проведён анализ объёмов производства продукции по отдельным подгруппам хлебобулочных и мучных кондитерских изделий согласно классификатору ОКВЭД2.

Объекты и методы исследования

Объектом исследования являются статистические показатели производства хлеба и хлебобулочных изделий в Российской Федерации. При исследовании использовали традиционные методы экономического анализа: абстрактно-логический, статистический, сравнительный, графический и др. При написании статьи использовались общероссийские классификаторы промышленно-экономической группы, статистические и аналитические материалы Федеральной службы го-

сударственной статистики РФ, аналитические данные различных отечественных и зарубежных сайтов.

Результаты и их обсуждение

Общесоюзный классификатор «Отрасли народного хозяйства» (ОКОНХ) разработан и утверждён 01.01.1976 г. Согласно этому классификатору в укрупнённой отрасли «промышленность» выделялась пищевая промышленность, а в ней подотрасль – пищевая промышленность [2].

Хлебопекарная промышленность – это подотрасль пищевой промышленности, к которой относятся предприятия по производству хлеба и хлебобулочных изделий, а также бараночных изделий и сухарей.

Вместо ОКОНХ 01.01.2013 г. введен в действие общероссийский классификатор видов экономической деятельности (ОКВЭД), где объектами классификации являются виды экономической деятельности. С 01.01.2017 г. он заменён на ОКВЭД2.

Согласно ОКВЭД2 в промышленное производство включён вид такой деятельности, как обрабатывающие производства, в составе которых выделяют производство пищевых продуктов [3]. Состав производства пищевых продуктов по видам экономической деятельности, согласно ОКВЭД2, представлен на рисунке 1.

Необходимо отметить, что производство напитков и табачных изделий не вошло в состав группы «производство пищевых продуктов».

Согласно ОКВЭД2 в составе производства пищевых продуктов (код 10) выделяют группу 10.7 «Производство хлебобулочных и мучных кондитерских изделий» с подгруппами:

- 10.71. Производство хлеба и мучных кондитерских изделий, тортов и пирожных недлительного хранения;
- 10.72. Производство сухарей, печенья и прочих сухарных хлебобулочных изделий, производство мучных кондитерских изделий, тортов, пирожных, пирогов и бисквитов, предназначенных для длительного хранения;
- 10.73. Производство макаронных изделий, кускуса и аналогичных мучных изделий.

В соседствующем с Сибирским Федеральным округом Казахстане также утверждён классификатор видов экономической деятельности. С августа 2010 г. производство пищевых продуктов относится к приоритетным видам деятельности республики Казахстан [4].



Рисунок 1. Состав производства пищевых продуктов по видам экономической деятельности

Figure 1. Composition of food production according to economic activity

Особенностью хлебопекарной промышленности России в 90 годах XX столетия являлась концентрация производственных мощностей на крупных предприятиях. Например, одно из крупных предприятий Москвы («Хлебозавод № 6» в Хамовниках) имел производительность 450 тонн готовой продукции в сутки.

Трансформация российской экономики привела к значительным изменениям в объемах производства. В хлебопекарной промышленности наблюдалось резкое падение объемов производства хлебобулочных изделий. Объемы производства хлеба и хлебобулочных изделий, согласно данным ФСГС, за период 1990–2018 гг. представлены на рисунке 2 [5].

Как видно из анализа представленных данных, динамику производства хлеба и хлебобулочных изделий можно разделить на два периода. За период 1990–1996 гг. наблюдалось стремительное падение объемов производства: в 1992 году на 7,7 %, в 1994 году на 16,67 %, в 1996 году на 21,24 %. Объём производства хлеба и хлебобулочных изделий за этот период уменьшился в 2 раза, а в общей сумме на 9,3 млн. тонн.

Резкое снижение объемов производства хлеба за период 1990–1996 гг. можно объяснить прекращением использования хлеба в качестве кормов для животных, изменением культуры питания россиян, расширением потребительской корзины другими продуктами, т. е. у населения становится более разнообразным рацион.

Начиная с 1996 года, отмечена тенденция к небольшому ежегодному снижению производства хлеба и хлебобулочных изделий на 1,3–2 % в год, а в общей сумме на 2,5 млн. тонн.

Всплеск по увеличению производства произошёл два раза: в 1991 году и в 1999 году. В 1991 году увеличение объёма производства произошло на 600 тыс. тонн, что составляет 3,3 % по отношению к 1990 году. Это можно связать со снижением уровня жизни населения в кризисный период начала 90 (распад СССР 26 декабря 1991 года). В 1999 году увеличение объёма производства произошло на 700 тыс. тонн, что составляет 8,2 % по отношению к 1998 году. После дефолта 17 августа 1998 года инфляция в стране приобрела галопирующий характер, снизился уровень жизни населения. Население было вынуждено заменять более дорогостоящие продукты питания (мясо, молоко) на более дешёвые продукты, обладающие высокой пищевой ценностью. Данный факт лишь подтверждает социальную значимость хлеба для незащищённых слоёв населения, т. к. он является одним из основных источников углеводов и растительного белка.

Энергетическая ценность 100 г хлеба из муки пшеничной высшего сорта – 975 кДж, сдобных изде-



Рисунок 2. Объем производства хлеба и хлебобулочных изделий в Российской Федерации в 1990–2018 гг., млн. тонн

Figure 2. Production volume of bread and bakery products in the Russian Federation in 1990–2018, Mt

*Прогнозные данные;

* Predictive data.

лий – до 1450 кДж. Пищевая ценность хлеба зависит от сорта муки и рецептуры теста. В хлебе содержатся белки (7,6–8,0 %), жиры (0,8–1,5 %), минеральные вещества (1,7–2,0 %), воды (37,8–41,0 %), углеводы (40,1–49,2 %) [6]. Углеводы, содержащиеся в хлебе, относятся к быстроусвояемым углеводам. Биологическая ценность хлеба невелика.

В Кемеровской области с 1999 года по май 2011 года осуществлялось производство дешевого «социального» хлеба, чтобы обеспечить этим продуктом малообеспеченные слои населения [7].

Ещё одной из социальных задач промышленных хлебозаводов является обеспечение продукцией школ, детских садов, лечебных учреждений. Государственные учреждения закупают продукцию, согласно 44-ФЗ, через систему электронных торгов по самой низкой цене, что способствует снижению рентабельности производства.

В рисунке 3 приведены объёмы производства хлеба и хлебобулочных изделий по федеральным округам РФ за 2016 год согласно данным ФСГС.

Как видно из данных рисунка, наибольшую долю от общего годового объёма производства занимает Центральный федеральный округ – 29 %, затем Приволжский – 20 %, на третьем месте Сибирский федеральный округ – 12 %. Структура производства по федеральным округам РФ в большей степени определяется численность населения. Если обратиться к статистическим данным прошлых лет, то можно отметить незначительные колебания в изменении структуры объемов производства хлеба и хлебобулочных изделий по федеральным округам.

Несмотря на сложную экономическую ситуацию в стране, производство хлеба и хлебобулочных изделий продолжает снижаться и в настоящее время. Это сопровождается закрытием предприятий промышленных масштабов.

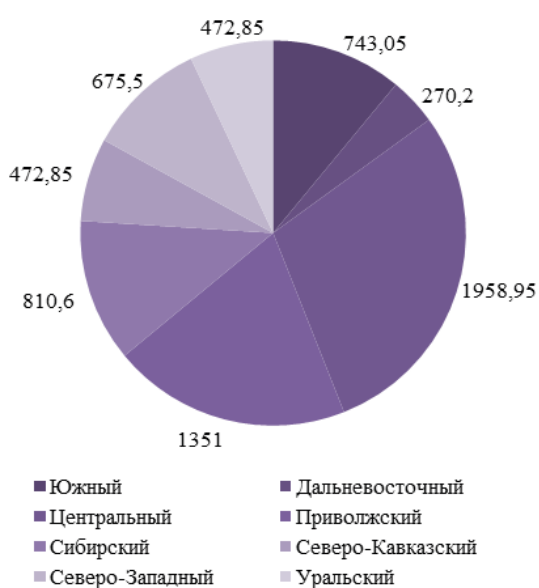


Рисунок 3. Объем производства хлеба и хлебобулочных изделий по федеральным округам в 2016 гг., тыс. тонн

Figure 3. Production volume of bread and bakery products according to federal districts in 2016, TT

Например, в Москве, начиная с 2000 по 2016 год, закрыто 11 из 28 номерных хлебозаводов, выпускающих промышленные партии хлебобулочных изделий. По состоянию на 2015 год на месте пяти бывших хлебозаводов возведены офисные центры, на месте трёх строятся жилые комплексы. На действующих 17 хлебозаводах осуществлена реконструкция. В результате реконструкции освоен современный ассортимент: хлебопекарная продукция длительного хранения и пониженной влажности, кондитерские изделия.

Снижение производства хлеба и хлебобулочных изделий происходит за счёт снижения производства хлебобулочных изделий недлительного хранения, тогда как производство хлебобулочных изделий длительного хранения, пониженной влажности и прочих ежегодно возрастает (рис. 4).

Анализ представленных данных за период 2010–2017 гг. показывает, что произошло снижение производства хлеба и хлебобулочных изделий недлительного хранения на 12,59 %. В то же время производство хлебобулочных изделий длительного хранения, пониженной влажности и полуфабрикатов за данный период увеличилось на 28,78 %.

В настоящее время объёмы производства хлебобулочных изделий недлительного хранения превышают объёмы производства изделий длительного хранения в 12 раз.

Заводы, специализирующиеся на выпуске продукции в промышленных масштабах, продолжают выпускать формовой хлеб, батоны, мелкоштучные булочные изделия, ржаные сорта хлеба. Производственная мощность промышленных хлебозаводов находится в диапазоне 60–300 тонн готовой продукции в сутки, в большинстве 200 т/сутки. Для их выживания необходимо переоборудование предприятий на выработку продукции длительного хранения: замороженные хлебные полуфабрикаты, кондитерские изделия, тесто и пицца глубокой заморозки, хрустящие хлебцы, кондитерские изделия.



Рисунок 4. Объем производства хлеба и хлебобулочных изделий с разбивкой по подгруппам в 2010–2017 гг., тыс. тонн

Figure 4. Volume of bread and bakery products production subgroups in 2010–2017, TT

В европейских странах обеспечить стабильность потребления хлебобулочных изделий удалось за счет того, что хлеб стал рассматриваться потребителями как элемент здорового питания. У европейцев возрос интерес на продукцию нового ассортимента – функциональных сортов, в состав которых входят добавки, позволяющие повысить пищевую ценность, такие как отруби, цельное зерно, фрукты, овощи и другие компоненты [7–12].

Многие российские хлебозаводы пошли по этому пути развития, но меры оказались недостаточно эффективными. Например, экономические показатели производства хлеба и хлебобулочных изделий в Кемеровской области за 2017 год составили: уровень использования среднегодовой мощности – 35 %, рентабельность отрасли – 2,5 %, износ оборудования 50–80 %. Следовательно, проблема низкой рентабельности производства остаётся актуальной и в настоящее время.

Департаментом сельского хозяйства и перерабатывающей промышленности Кемеровской области среди основных системных проблем пищевой промышленности назван «низкий уровень конкурентоспособности российских производителей пищевой продукции на внутреннем и внешнем продовольственных рынках» [13].

Инновационным направлением производства пищевых продуктов является производство безглютеновой продукции. Безглютеновый хлеб рекомендован больным целиакией и аллергией, диабетикам, аутистам, при индивидуальных нарушениях пищеварительных функций кишечника. Он также полезен и здоровым людям. Востребованность производства безглютенового и бездрожжевого хлеба отмечена в кратком сообщении основателя пекарни «Буше» Екатериной Гурьяновой [1]. Развитию рынка безглютеновой хлебопекарной продукции посвящены публикации портала о пищевой промышленности «СФЕРА» [14]. В европейских странах производится замороженный безглютеновый хлеб, сухари, сушки, хлебцы, снеки, крекеры, чипсы, кондитерские изделия [15]. В настоящее время на российском рынке эта продукция представлена зарубежными производителями Германии, Италии, Испании, Польши и имеет достаточно высокую стоимость.

Инновационными разработками безглютеновой продукции занимаются сотрудники Кемеровского государственного университета [16, 17].

Группировка 10.71 ОКВЭД2 включает, помимо производства хлеба, производство мучных кондитерских изделий. В связи с этим проведен анализ объемов производства мучных кондитерских изделий в Российской Федерации за период 2010–2017 гг., который представлен на рисунке 5.

Динамика объемов производства отдельных групп мучных кондитерских изделий отличается от изменений их совокупного объема. Также увеличивается производство мучных кондитерских изделий длительного хранения: печенье, пряники, вафли и аналогичная продукция.



Рисунок 5. Объем производства мучных кондитерских изделий недлительного и длительного хранения с разбивкой по подгруппам в 2010–2017 гг., тыс. тонн

Figure 5. Production volume of flour confectionery products of non-durable and long-term storage by subgroups in 2010–2017, TT

За период 2010–2017 гг. произошло увеличение объемов их производства на 45 %, а в общей сумме на 494 тонны.

В стратегии повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года отмечено, что «потребление пищевой продукции с низкими потребительскими свойствами является причиной снижения качества жизни и развития ряда заболеваний населения, в том числе за счет необоснованно высокой калорийности пищевой продукции, сниженной пищевой ценности, избыточного потребления насыщенных жиров, дефицита микронутриентов и пищевых волокон» [18].

Разработка инновационных технологий хлебобулочных изделий, расширение «здорового» ассортимента является актуальным [19–21].

В Кемеровском государственном университете ведутся исследования по разработке научно-обоснованных рецептов и технологий мучных кондитерских, хлебобулочных и булочных изделий с использованием различных натуральных добавок, в том числе из местного растительного сырья. Так, на кафедре «Технология и организация общественного питания» разработаны рецептуры и технологии:

- булочных изделий с добавками пектина и пюре из овощей (моркови, свеклы, тыквы и др.);
- полуфабрикатов из бисквитного и песочного теста с введением добавок из ягод (облепихи, клюквы, калины и др.);
- хлебобулочных изделий с добавками йода, селена;
- бисквитных полуфабрикатов с заменой части пшеничной муки высшего сорта на смеси безглютеновых видов муки, а также с добавлением сибирских мелкоплодных яблок в виде уваренных пюре.

Разработанные изделия имеют повышенную пищевую и биологическую ценность, а также обладают лечебными и диетическими свойствами.

Считаем целесообразным использовать данные разработки при промышленном производстве хле-

бобулочных и мучных кондитерских изделий на хлебопекарных предприятиях Кузбасса. Это позволит обеспечить население области полезной продукцией, что позволит улучшить состояние здоровья, снизить риск развития заболеваний различного характера.

Выводы

Основными проблемами производства хлеба и хлебобулочных изделий как в России в целом, так и на региональном уровне является:

- ежегодное снижение объёмов производства продукции промышленными хлебозаводами;
- низкая рентабельность производства;
- низкая конкурентоспособность продукции на внутреннем и внешнем рынках;
- необоснованно высокая калорийность продукции, сниженная пищевая ценность, дефицит микронутриентов и пищевых волокон.

Решение обозначенных проблем требует создания принципиально новых условий функционирования хлебопекарной промышленности:

- увеличение объёмов производства хлебобулочных и мучных кондитерских изделий длительного хранения и пониженной влажности до характеристик массового типа производства;
- разделение массового производства на социально значимую и коммерческую продукцию;
- создание массового производства изделий со сложной уникальной рецептурой (например, безглютеновой хлебопекарной и кондитерской продукции);
- производство изделий «здорового» питания, а также с растительными добавками.

Стратегия повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года № 1364-р от 29 июня 2016 г. будет способствовать внедрению на промышленных хлебозаводах новой техники и технологии.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Обостряется ли конкуренция между торговыми сетями, мини-пекарнями и хлебокомбинатами, и кто от этого выигрывает? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ksonline.ru/337333/kto-na-hleбноe-mesto/>. – Дата обращения: 16.03.2019.
2. Общесоюзный классификатор «Отрасли народного хозяйства» (в ред. Изменения N 24/2000, утв. Госстандартом РФ 15.02.2000).
3. ОК 029–2014. Общероссийский классификатор видов экономической деятельности. М., 2014. – 279 с.
4. О некоторых вопросах реализации Закона Республики Казахстан «Об инвестициях».
5. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/enterprise/industrial/. – Дата обращения 27.02.2019.
6. Тутельян, В. А. Химический состав и калорийность российских продуктов питания / В. А. Тутельян. – М. : ДеЛи плюс, 2012. – 284 с.
7. Kiryukhina, A. N. Specific development of the baking industry in Kemerovo oblast / A. N. Kiryukhina, N. M. Egorova // *Foods and Raw Materials*. – 2013. – Vol. 1, № 2. – P. 89–95. DOI: <https://doi.org/10.12737/2061>.
8. Pragati, S. Technological Revolution in Drying of Fruit and Vegetables / S. Pragati, B. Preeti // *International Journal of Science and Research (IJSR)*. – 2014. – Vol. 3, № 10. – P. 705–711.
9. Dashrath, B. Wild fruits and vegetables: a great source of micronutrients / B. Dashrath, J. Shashi // 44th Annual National Conference of the Nutrition Society of India «Current Trends in Food Security to meet National Nutritional Challenges» / Sri Venkateswara University. – Tirupati, 2012. – P. 158–159.
10. Current trends in the enhancement of antioxidant activity of wheat bread by the addition of plant materials rich in phenolic compounds / D. Dziki, R. Rózyło, U. Gawlik-Dziki [et al.] // *Trends in Food Science and Technology*. – 2014. – Vol. 40, № 1. – P. 48–61. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2014.07.010>.
11. Marpalle, P. Effect of flaxseed flour addition on physicochemical and sensory properties of functional bread / P. Marpalle, S. K. Sonawane, S. S. Arya // *LWT – Food Science and Technology*. – 2014. – Vol. 58, № 2. – P. 614–619. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.04.003>.
12. Fibre enrichment of wheat bread with Jerusalem artichoke inulin: Effect on dough rheology and bread quality / I. A. Rubel, E. E. Pérez, G. D. Manrique [et al.] // *Food Structure*. – 2015. – Vol. 3. – P. 21–29. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foostr.2014.11.001>.
13. Департамент сельского хозяйства и перерабатывающей промышленности Кемеровской области [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.depsh.ru/?id_doc=30. – Дата обращения 20.03.2019.
14. Развитие рынка безглютеновых хлебопекарных продуктов. Портал СФЕРА: Кондитерская и хлебопекарная промышленность [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://sfera.fm/articles/hlebopecheniya/razvitiye-rynka-bezglutenovykh-hlebopekarnykh-produktov_1752. – Дата обращения: 21.03.2019.
15. Book of abstracts the Second International Symposium on gluten-free cereal products and beverages. Finland, Tampere, 2010. – 204 p.
16. Резниченко, И. Ю. Разработка пищевого концентрата – полуфабриката безглютеновых кексов с амарантовой мукой / И. Ю. Резниченко, Е. Ю. Егорова // *Техника и технология пищевых производств*. – 2018. – Т. 48, № 2. – С. 36–45. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-2-36-45>.

17. Резниченко, И. Ю. Обоснование применения амарантовой муки для разработки пищевых концентратов – полуфабрикатов безглютеновых кексов / И. Ю. Резниченко, Е. Ю. Егорова // *Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов*. – 2018. – Т. 29, № 2. – С. 30–38.
18. Стратегия повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года № 1364-р // *Собрание законодательства Российской Федерации*. – 2016. – № 28. – Ст. 4758.
19. Давыденко, Н. И. Разработка комплексной добавки для обогащения селеном и йодом / Н. И. Давыденко // *Техника и технология пищевых производств*. – 2013. – Т. 28, № 1. – С. 121–132.
20. Davydenko, N. I. On the possibility to grow high-selenium wheat in the Kuznetsk basin / N. I. Davydenko, L. A. Mayurnikova // *Food and Raw Materials*. – 2014. – Vol. 2, № 1. – P. 3–10. DOI: <https://doi.org/10.12737/4089>.
21. Обоснование создания функциональных хлебобулочных изделий с применением смеси порошков тыквы и моркови / С. Я. Корячкина, О. Л. Ладнова, И. С. Лобок [и др.] // *Хлебопродукты*. – 2018. – № 4. – С. 58–60.

References

1. Obostryaetsya li konkurenciya mezhdu togovymi setyami, mini-pekarnyami i khlebokombinatami, i kto ot etogo vyigryvaet? [Is the competition between retail chains, mini-bakeries, and bakeries intensifying: cui prodest?] [Internet]. [cited 2019 Mar 16]. Available from: <https://ksonline.ru/337333/kto-na-hlebnoe-mesto/>.
2. Obshchesyoznyy klassifikator 'Otrasli narodnogo khozyaystva' (v red. Izmeneniya N 24/2000, utv. Gosstandartom RF 15.02.2000) [All-Union Classifier 'Branches of the National Economy' (Amendment N 24/2000 as approved by the State Standard of the Russian Federation on February 15, 2000)].
3. RC 029-2014. Russian Classification of Economic Activities. Moscow, 2014. 279 p.
4. O nekotorykh voprosakh realizatsii Zakona Respubliki Kazakhstan 'Ob investitsiyakh' [On some issues of implementation of the Law of the Republic of Kazakhstan 'On Investments'].
5. Federal State Statistics Service [Internet]. [cited 2019 Feb 27]. Available from: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/enterprise/industrial/.
6. Tutel'yan VA. Khimicheskii sostav i kaloriynost' rossiyskikh produktov pitaniya [The chemical composition and caloric content of Russian food]. Moscow: DeLi plus; 2012. 284 p. (In Russ.).
7. Kiryukhina AN, Egorova NM. Specific development of the baking industry in Kemerovo oblast. *Foods and Raw Materials*. 2013;1(2):89–95. DOI: <https://doi.org/10.12737/2061>.
8. Pragati S, Preeti B. Technological Revolution in Drying of Fruit and Vegetables. *International Journal of Science and Research (IJSR)*. 2014;3(10):705–711.
9. Dashrath B, Shashi J. Wild fruits and vegetables: a great source of micronutrients. 44th Annual National Conference of the Nutrition Society of India 'Current Trends in Food Security to meet National Nutritional Challenges'; 2012; Tirupati. Tirupati: Sri Venkateswara University; 2012. p. 158–159.
10. Dziki D, Rózyło R, Gawlik-Dziki U, Świeca M. Current trends in the enhancement of antioxidant activity of wheat bread by the addition of plant materials rich in phenolic compounds. *Trends in Food Science and Technology*. 2014;40(1):48–61. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2014.07.010>.
11. Marpalle P, Sonawane SK, Arya SS. Effect of flaxseed flour addition on physicochemical and sensory properties of functional bread. *LWT – Food Science and Technology*. 2014;58(2):614–619. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.04.003>.
12. Rubel IA, Pérez EE, Manrique GD, Genovese DB. Fibre enrichment of wheat bread with Jerusalem artichoke inulin: Effect on dough rheology and bread quality. *Food Structure*. 2015;3:21–29. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foostr.2014.11.001>.
13. Departament sel'skogo khozyaystva i pererabatyvayushchey promyshlennosti Kemerovskoy oblasti [Department of Agriculture and Processing Industry of the Kemerovo Region] [Internet]. [cited 2019 Mar 20]. Available from: http://www.depsh.ru/?id_doc=30.
14. Razvitie rynka bezglyutenovykh khlebopekarnykh produktov. Portal SFERA: Konditerskaya i khlebopekarnaya promyshlennost' [The development of the market of gluten-free baking products. Portal SFERA: Confectionery and bakery industry] [Internet]. [cited 2019 Mar 21]. Available from: https://sfera.fm/articles/hlebopecheniya/razvitie-rynka-bezglyutenovykh-khlebopekarnykh-produktov_1752.
15. Book of abstracts the Second International Simposium on gluten-free cereal products and beverages. Finland, Tampere, 2010. 204 p.
16. Egorova EYu, Reznichenko IYu. Development of food concentrate – semi-finished product with amaranth flour for gluten-free cupcakes. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2018;48(2):36–45. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-2-36-45>.
17. Egorova EYu, Reznichenko IYu. Rationale for application of amaranth flour for development of food concentrate - semi-finished of gluten-free cupcakes. *Technology and merchandising of the innovative foodstuff*. 2018;49(2):30–38. (In Russ.).
18. Strategiya povysheniya kachestva pishchevoy produktsii v Rossiyskoy Federatsii do 2030 goda № 1364-r [Strategy for Improving the Quality of Food Products in the Russian Federation for the period up to 2030 No. 1364-p]. *Sobranie zakonodatel'stva Rossiyskoy Federatsii* [Collected Legislation of the Russian Federation], 2016, no. 28, Art. 4758. (In Russ.).
19. Davydenko NI. The development of a complex additive for bread enrichment with selenium and iodine. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2013;28(1):127–132. (In Russ.).


20. Davydenko NI, Mayurnikova LA. On the possibility to grow high-selenium wheat in the Kuznetsk basin. *Food and Raw Materials*. 2014;2(1):3–10. DOI: <https://doi.org/10.12737/4089>.

21. Koryachkina SYa, Ladnova OL, Lobok IS, Mikaelyan AV. Study of the development of functional bakery products with application of powdersmixture of pumpkin and carrot. *Bread products*. 2018;(4):58–60. (In Russ.).

Сведения об авторах

Кирюхина Анжелика Николаевна

канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры менеджмента имени И. П. Поварича, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, e-mail: oop.vo.ef@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0001-8605-1332>

Григорьева Роза Завдатовна

канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры технологии и организации общественного питания, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, e-mail: roza-grigoreva@yandex.ru


Кожевникова Анна Юрьевна

магистрант кафедры технологии и организации общественного питания, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6

Information about the authors

Anzhelika N. Kiryukhina

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Management, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, e-mail: oop.vo.ef@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0001-8605-1332>

Roza Z. Grigoreva

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Catering Technology and Management, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, e-mail: roza-grigoreva@yandex.ru

Anna Yu. Kozhevnikova

Undergraduate Student of the Department of Catering Technology and Management, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia

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 MicrosoftOffice, Corel Draw, должны допускать возможность редактирования и направляются в редакцию отдельными файлами в форматах tiff, jpeg, cdr, excel.

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. Указать тип рукописи (научная статья, обзорная статья, краткое сообщение, заметка или письмо).

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 рекомендуются 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».

9. Конфликт интересов. Следует указать на реальный или потенциальный конфликт интересов. Если конфликта интересов нет, то следует написать, что «автор заявляет об отсутствии конфликта интересов».

10. Благодарности. В этом разделе следует выразить благодарность людям, которые помогали при работе над статьей.

11. Финансирование. Авторы должны указать, как финансировалось исследование и публикация этой статьи. Если исследование выполнено при поддержке гранта, необходимо указать номер и название. Если исследование не получило финансирования, но было выполнено как часть работы авторов, назовите – работодателя.

Раздел Финансирование является факультативным — если нет финансовой поддержки проведенного исследования, по которому написана статья, то в статью этот раздел не включается. Раздел Благодарности также является факультативным, т.е. необязательным.

12. 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.

13. 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 и оформляются в ванкуверском стиле (см. Рекомендации по подготовке списка литературы в латинице).

14. 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

¹ ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47

² ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650043, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6

*e-mail: v_krumlikov@mail.ru

Аннотация. Важной составляющей производства заквасок ... (продолжение аннотации, объем от 200 до 250 слов, но не более 2000 знаков с пробелами).

Ключевые слова. Сублимационная сушка, (ключевые слова – не более 9)

Choice of stabilization parameters (freezing and drying) of symbiotic consortium to obtain a starter of direct inoculation

V.Yu. Krumlikov^{1,*}, L.A. Ostroumov¹, O.A. Ivanov², O.V. Kriger¹

¹ Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia

² Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650043, Russia

*e-mail: v_krumlikov@mail.ru

Abstract. An important component in the production of starters

Keywords. Freeze drying, lyophilisation,

Введение

Важной задачей при производстве бактериальных препаратов.....

.....

.....

Целью работы является

Объекты и методы исследования

Для подготовки объекта сушки

.....

.....

Результаты и их обсуждение

Микроорганизмы, подвергаемые консервации методом сублимационной сушки.....

.....

.....

$$\dots\dots\dots h = h_0 \cdot \left(1 - \frac{l \cdot \operatorname{tg} \theta}{2 \cdot h_0} \right), \quad (1)$$

где l – ширина лопасти ротора.

.....



Рисунок 1. Результаты анализа выживаемости бактериальных клеток закваски прямого внесения в процессе хранения

Таблица 1. Физико-химические показатели лиофилизированной закваски прямого внесения в течение всего срока хранения

Наименование показателя	Значение				
	0 мес.	3 мес.	6 мес.	9 мес.	12 мес.
Активность сквашивания, ч	12	12	12	10	9
Предельное значение pH	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Массовая доля влаги, %	5,0	5,4	5,7	6,4	7,2
Количество бактерий на конец срока годности, КОЕ/г.10 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.

Конфликт интересов

Авторы заявляют...

Благодарности

Выражаем благодарность...

Финансирование

Материалы подготовлены в рамках выполнения...

Список литературы

- Харитонов, И. Изучение качественных характеристик концентратов лактобактерий в процессе криозамораживания и сублимационной сушки / И. Харитонов, А. Ю. Просеков, М. И. Шрамко // Вестник Северо-Кавказского федерального университета. – 2015. – № 2(47). – С. 87–90.
- Бабич, О. О. Оптимизация лиофилизации L-фенилаланин-аммоний-лиазы / О. О. Бабич, А. Ю. Просеков // Биомедицинская химия. – 2013. – Т. 59. – № 6. – С. 682–692.
- Мотовилов, О. К. Научное обоснование технологий пищевой продукции с использованием гидромеханического диспергирования и оценка ее качества: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.18.15 / Мотовилов Олег Константинович. – Кемерово, 2012. – 39 с.
- Широков, Е. П. Хранение и переработка продукции растениеводства с основами стандартизации и сертификации. Ч. 1: Картофель. Плоды, овощи / Е. П. Широков, В. И. Полегаев. – М. : Колос, 1999. – 254 с.
- ГОСТ 32951-2014. Полуфабрикаты мясные и мясосодержащие. Общие технические условия. – М. : Стандартинформ, 2015. – 20 с.
- Ivanets V. N. Intensification of bulk material mixing in new designs of drum, vibratory and centrifugal mixers / V.N. Ivanets, D. M. Borodulin, A. B. Shushpannikov, D. V. Sukhorukov // Foods and Raw Materials. – 2015, Vol.3, № 1. – P. 62–69. DOI: <https://doi.org/10.12737/11239>.

7. Antioxidant Properties and Rutin Content of High Pressure-Treated Raw and Roasted Buckwheat Groats / W. Błaszczyk, D. Zielińska, H. Zieliński [et al.] // Food Bioprocess Technology. – 2013. – № 6. – P. 92–100. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11947-011-0669-5>.

References

1. Kharitonova I, Prosekov AYu, Shramko MI. Investigation into quality features in lactobacilli concentrate through cryo-freezing and sublimation dryin. Newsletter of North-Caucasus State Technical University. 2015;47(2):87–90. (In Russ.).
2. Babich OO, Prosekov AYu. Optimization of l-phenylalanine-ammonia-lyase liophilization. Biomeditsinskaya Khimiya. 2013;59(6):682–692. (In Russ.).
3. Motovilov OK. Nauchnoe obosnovanie tekhnologii pishchevoy produktsii s ispol'zovaniem gidromekha-nicheskogo dispergirovaniya i otsenka ee kachestva. [Scientific justification of food technologies with hydromechanical dispersgating and assessment of its quality]. Dr. eng. sci. diss. Kemerovo: Kemerovo State University; 2012. 39 p.
4. Shirokov EP, Polegaev VI. Khranenie i pererabotka produktsii 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; 1999. 254 p. (In Russ.).
5. State Standard 32951-2014. Semi-prepared meat and meat-contained product. General specifications. Moscow: Standartinform; 2015. 20 p.
6. Ivanets VN, Borodulin DM, Shushpannikov AB, Sukhorukov DV. Intensification of bulk material mixing in new designs of drum, vibratory and centrifugal mixers. Foods and Raw Materials. 2015;3(1):62–69. DOI: <https://doi.org/10.12737/11239>.
7. Błaszczyk W, Zielińska D, Zieliński H, Szawara-Nowak D, Fornal J. Antioxidant properties and rutin content of high pressure-treated raw and roasted buckwheat groats. Food Bioprocess Technology. 2013;6(1):92–100. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11947-011-0669-5>.

Сведения об авторах

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: olgakruger58@mail.ru

Information about the authors

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: olgakruger58@mail.ru

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

**ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ
(FOOD PROCESSING: TECHNIQUES AND TECHNOLOGY)
№ 2 (49), 2019**

Ответственный за выпуск *А. А. Кирякова*

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

Формат 60×84^{1/8}.

Бумага офсетная. Гарнитура Times New Roman.
Печать офсетная. Усл. п. л. 44,35. Уч.-изд. л. 38,84.
Цена свободная.

Адрес редакции:

650000, Россия, Кемеровская обл., г. Кемерово, ул. Красная, 6

Адрес типографии:

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