



ПОЛЗУНОВСКИЙ ВЕСТНИК

ISSN 2072-8921

ФГБОУ ВО
АЛТАЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМ. И. И. ПОЛЗУНОВА



№ 3
2021

Ползуновский ВЕСТНИК

ISSN 2072-8921

Свидетельство о регистрации издания
ПИ № ФС 77-75624
выдано Федеральной службой по надзору в сфере
связи, информационных технологий и массовых
коммуникаций 19.04.2019 г.

Префикс DOI: 10.25712/ASTU.2072-8921
ЖУРНАЛ ИЗДАЕТСЯ С ОКТЯБРЯ 2002 г.

Периодичность – 4 номера в год

№ 3 2021 г.

Научный журнал
входит в перечень ВАК

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Гурьев Алексей Михайлович
д.т.н., проф. АлтГТУ (г. Барнаул)

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

Маюрникова Лариса Александровна
д.т.н., проф., зав. каф. «Технология и организация
общественного питания» КемГУ (г. Кемерово)

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Сакович Г. В., академик РАН (г. Бийск)
Бессон Р., проф., директор Международного российско-французского центра инноваций и трансфера технологий (г. Безансон, Франция)
Мэй Шунчи, проф., декан УТУ (г. Ухань, Китай)
Лыгденов Б. Д., д.т.н., проф. УТУ (г. Ухань, Китай)
Дебердеев Т. Р., д.т.н., зав. каф. «Технологии переработки полимеров и композиционных материалов» КНИТУ (г. Казань)
Ильясов С. Г., д.х.н., заместитель директора по научной работе ИПХЭТ СО РАН (г. Бийск)
Блазнов А. Н., д.т.н., заведующий лабораторией материаловедения и минерального сырья ИПХЭТ СО РАН, (г. Бийск)
Петров Е. А., д.т.н., проф., декан инженерного спецфакультета БТИ (г. Бийск)
Деев В. Б., д.т.н., проф., главный научный сотрудник Инжинирингового центра «Литейные технологии и материалы» НИТУ МИСиС (г. Москва)
Батаев В. А., д.т.н., проф. НГТУ (г. Новосибирск)
Коновалов С. В., д.т.н., проф., зав. каф. «Технологии металлов и авиационного материаловедения» Самарского университета (г. Самара)
Щетинин М. П., д.т.н., проф., проректор по научной работе МГУПП (г. Москва)
Тамова М. Ю., д.т.н., проф., зав. каф. «Общественного питания и сервиса» КубГТУ (г. Краснодар)
Попов В. Г., д.т.н., доц., зав. каф. «Товароведение и технологии продуктов питания» ТИУ (г. Тюмень)
Майоров А. А., д.т.н., проф., главный научный сотрудник ФГБНУ ФАНЦА (г. Барнаул)
Новоселов С. В., д.т.н., доц. АлтГТУ (г. Барнаул)
Коньшин В. В., д.т.н., проф., зав. каф. «Химическая технология» АлтГТУ (г. Барнаул)
Романов А. С., д.т.н., проф., зам. директора ООО «Балтийский пекарский дом» (г. Калининград)
Алтухов И. В., д.т.н., доц. ИРГАУ (г. Иркутск)
Гуринович Г. В., д.т.н., проф., зав. каф. «Технология продуктов питания животного происхождения» КемГУ (г. Кемерово)
Ананьева Е. С., к.т.н., доц. АлтГТУ (г. Барнаул)

ОТВЕТСТВЕННЫЙ ЗА ВЫПУСК

Стопорева Татьяна Александровна,
к.т.н., начальник ОРПД АлтГТУ (г. Барнаул)

ТЕХНИЧЕСКИЙ РЕДАКТОР

Проскура Николай Анатольевич,
редактор АлтГТУ (г. Барнаул)

УЧРЕДИТЕЛИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «АЛТАЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. И. И. ПОЛЗУНОВА»

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ
ВОДНЫХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

ИНДЕКС: 73664 (Урал-Пресс)

АДРЕС РЕДАКЦИИ И ИЗДАТЕЛЯ

656038, г. Барнаул, пр. Ленина 46, Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова (АлтГТУ),
тел. (3852) 29-09-46, e-mail: polz_journal@mail.ru, Стопорева Т. А.

Сайт журнала <https://polzvestnik.altstu.ru>

Дата выхода в свет 30.09.2021 г.

Цена 600 рублей.



EDITOR-IN-CHIEF**Aleksey Guriev**Doctor of Technical Sciences, professor at
ASTU, Barnaul, Russia**DEPUTY EDITOR-IN-CHIEF****Larisa Mayurnikova**Doctor of Technical Sciences, professor at
KemSU, Kemerovo, Russia**EDITORIAL BOARD**

Gennady Sakovich, RAS academician, Biysk, Russia
Raimond Besson, professor, Besancon, France
Mei Shunqi, professor, WTU, Wuhan, China
Burial Lygdenov, Doctor of Technical Sciences, WTU, Wuhan, China
Timur Deberdev, Doctor of Technical Sciences, KNRTU, Kazan, Russia
Sergey Iliysov, Doctor of Chemical Sciences, IPCET SB RAS, Biysk, Russia
Aleksey Blaznov, Doctor of Technical Sciences, IPCET SB RAS, Biysk, Russia
Evgeny Petrov, Doctor of Technical Sciences, BTI, Biysk, Russia
Vladislav Deev, Doctor of Technical Sciences, NUST MISIS, Moscow, Russia
Vladimir Bataev, Doctor of Technical Sciences, NSTU, Novosibirsk, Russia
Sergei Konovalov, Doctor of Technical Sciences, Samara University, Samara, Russia
Mikhail Shchetinin, Doctor of Technical Sciences, MSUFP, Moscow, Russia
Maya Tamova, Doctor of Technical Sciences, KubSTU, Krasnodar, Russia
Vladimir Popov, Doctor of Technical Sciences, TIU, Tyumen, Russia
Aleksandr Mayorov, Doctor of Technical Sciences, FASCA, Barnaul, Russia
Sergei Novoselov, Doctor of Technical Sciences, ASTU, Barnaul, Russia
Vadim Konshin, Doctor of Technical Sciences, ASTU, Barnaul, Russia
Aleksandr Romanov, Doctor of Technical Sciences, professor, LLC "Baltisky Bakery House",
Kaliningrad, Russia
Igor Altukhov, Doctor of Technical Sciences, Associate professor, IrSAU, Irkutsk, Russia
Galina Gurinovich, Doctor of Technical Sciences, professor, KemSU, Kemerovo, Russia
Elena Ananieva, Candidate of Technical Sciences, Associate professor, ASTU, Barnaul, Russia

ISSUE MANAGER**Tatiana Stoporeva**Candidate of Technical Sciences, ASTU,
Barnaul, Russia**TECHNICAL EDITOR****Nikolay Proskura**

Editor, ASTU, Barnaul, Russia

FOUNDERS

POLZUNOV ALTAI STATE TECHNICAL UNIVERSITY (ASTU)

INSTITUTE FOR WATER AND ENVIRONMENTAL PROBLEMS OF THE SIBERIAN BRANCH OF THE
RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES (IWEP SB RAS)**PUBLISHER**

Polzunov Altai State Technical University, phone.(3852) 29-09-46, e-mail: polz_journal@mail.ru

ADDRESS: Prospect Lenina 46, office 113a GK, Barnaul, 656038, Russia**WEBSITE:** <https://polzvestnik.altstu.ru>

Signed for printing 30.09.2021



СОДЕРЖАНИЕ

РАЗДЕЛ 1. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

<i>А. С. Терентьева, А. Е. Ширяева</i> Оценка качества сырья, используемого для извлечения целевых компонентов при создании продукта для инкапсулирования.....7	<i>А. А. Лукин, Н. Л. Наумова</i> Идентификация качества комплексных пищевых добавок для мясной промышленности.....89
<i>М. А. Болгова, Н. Л. Клейменова, И. Н. Болгова, М. В. Копылов</i> Исследование питательных веществ коричневых и белых семян льна13	<i>Ю. Г. Стурова, Д. Д. Гильдерман</i> Использование растительного компонента в биотехнологии йогурта.....95
<i>Е. Ю. Егорова, А. Ю. Ткачева, Д. А. Шохин</i> Использование экстрактов лекарственно-технического сырья в рецептурах десертных ликеров и ликерных начинок конфет и карамели.....21	<i>В. Б. Крылова, Т. В. Густова</i> Рациональность режимов стерилизации - детерминант стабильности качества мясных кусковых консервов.....102
<i>Д. А. Кох</i> Исследование химического состава сока из плодов мелкоплодных яблонь произрастающих на территории Красноярского края.....30	<i>С. А. Бредихин, В. Н. Андреев, А. Н. Мартеха, Ю. М. Березовский</i> Корреляция реологических свойств с качеством трехмерной печати шоколадной массы.....111
<i>Н. К. Шелковская, Д. И. Дейслинг, О. Ю. Михайлова</i> Разработка рецептур плодоовощных соусов, обогащенных пряно-ароматическими ингредиентами.....35	<i>Л. Н. Буракова, Д. А. Плотников</i> Анализ работ в области разработки продуктов функционального назначения, обладающих иммуномодулирующими свойствами117
<i>Е. В. Кравцова, А. Г. Новоселов, А. А. Федоров, С. А. Сорокин, Е. А. Фомина, О. А. Суздальцева</i> Комплексные исследования процесса культивирования хлебопекарных дрожжей при высоких концентрациях биомассы. 1. Исследование физических свойств свекловичной мелассы.....42	<i>В. Н. Гетманец</i> Разработка рецептур коктейлей функционального назначения123
<i>Ж. А. Кох, Д. А. Кох, Ю. А. Литовка, И. Н. Павлов</i> Использование полуфабриката из <i>Armillaria borealis</i> в хлебопечении 54	<i>Е. Ю. Вольф, В. М. Козырева, И. В. Симакова, А. А. Вольф</i> Исследование жирно-кислотного состава некоторых растительных масел и их купажей.....131
<i>Н. С. Санжаровская, О. П. Храпко, В. И. Коломиец</i> Разработка безглютенового печенья с улучшенными потребительскими свойствами..... 61	<i>К. Р. Пискуненко, В. Г. Попов</i> Разработка рецептуры и технологии производства пищевого полифункционального ингредиента с адаптогенными свойствами141
<i>С. М. Пономарева, М. И. Лындина, И. В. Протункевич</i> Анализ результатов исследования содержания селена в растительном сырье68	<i>И. Ю. Резниченко, А. М. Чистяков, М. С. Щеглов</i> Анализ конкурентных преимуществ функциональных мучных кондитерских изделий..... 147
<i>В. Н. Макарова, Е. Г. Соболев, О. Н. Пчелинцева, З. А. Бочкарёва</i> Использование сушеных ягод гуараны и рисовой муки в производстве булочных изделий.....75	<i>Ю. А. Бец, И. В. Панкрашкина, Н. Л. Наумова</i> Качество и пищевая ценность композитных смесей с включением полбы155
<i>И. И. Хвостов, А. В. Борисова</i> Анализ технологий получения микробных масел.....83	<i>С. В. Кузьмин, В. Г. Попов, И. В. Можжерина</i> Актуальность разработки рецептур и технологий производства рыборастворимых чипсов из нетрадиционного рыбного сырья163

РАЗДЕЛ 2. ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

М. К. Джубари, Н. В. Алексеева

Математическая модель переноса ионов в процессе электродиализа170

В. И. Быков, С. И. Ильина, В. Я. Логинов, Л. В. Равичев, А. А. Свитцов

Электродиализ: история и перспективы развития179

Л. А. Ерофеевская, А. К. Кычкин, А. А. Кычкин, А. А. Габышев

Исследование влияния факторов окружающей среды на механизм биозаражения текстолитов при экспозиции в условиях открытой экосистемы 189

РАЗДЕЛ 3. МЕТАЛЛУРГИЯ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

К. С. Жансакова

Влияние типа вулканизирующей системы и ускорителя вулканизации на свойства пористых резин201

И. Н. Ганиев, С. С. Содикова, У. Ш. Якубов, С. Дж. Алихонова

Влияние алюминия на удельную теплоемкость и изменение термодинамических функций цинка208

АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ217

CONTENTS

SECTION 1. FOOD TECHNOLOGY

<i>A. S. Terentyeva, A. E. Shiryaeva</i> Assessment of the quality of raw materials used for extraction of target components when creating a product for encapsulation7	<i>A. A. Lukin, N. L. Naumova</i> Quality identification of complex food additives for the meat industry89
<i>M. A. Bolgova, N. L. Kleymenova, I. N. Bolgova, M. V. Kopylov</i> Nutrient study of brown and white flax seeds13	<i>Yu. G. Sturova, D. D. Gilderman</i> Use of a plant component in yogurt biotechnology95
<i>E. Yu. Egorova, A. Yu. Tkacheva, D. A. Shokhin,</i> Use of extracts of medicinal-technical raw materials in the formulations of dessert liqueurs and liqueur fillings of sweets and caramel21	<i>V. B. Krylova, T. V. Gustova</i> Rationality of sterilization regimes - Determinant of meat quality stability canned food102
<i>D. A. Koch</i> Research of the chemical composition of juice from the fruits of small-fruit apple growing in the territory of Krasnoyarsky krai30	<i>S. A. Bredikhin, V. N. Andreev, A. N. Martekha, Yu. M. Berezovskiy</i> Correlation of rheological properties with quality three-dimensional printed chocolate mass111
<i>N. K. Shelkovskaya, D. I. Deisling, O. Yu. Mikhailova</i> Development of fruit and vegetable sauce recipes enriched with spicy-aromatic ingredients35	<i>L. N. Burakova, D. A. Plotnikov</i> Analysis of work in the development of functional products with immunomodulatory properties117
<i>E. V. Kravtsova, A. G. Novoselov, A. A. Fedorov, S. A. Sorokin, E. A. Fomina, O. A. Suzdaltseva</i> Complex studies of the process of cultivation of baker's yeast at high concentrations of biomass. 1. Investigation of the physical properties of beet molasses42	<i>V. N. Getmanets</i> Development of functional cocktail recipes123
<i>Zh. A. Koch, D. A. Koch, Yu. A. Litovka, I. N. Pavlov</i> Use of semi-finished <i>Armillaria Borealis</i> in bakery54	<i>E. Yu. Volf, V. M. Kozyreva, I. V. Simakova, A. A. Volf</i> Research of fat-acid composition of certain vegetable oils and blends these of oils131
<i>N. S. Sanzharovskaya, O. P. Hrapko, V. I. Kolomiets</i> Development of gluten-free cookies with improved consumer properties61	<i>K. R. Piskunenko, V. G. Popov</i> Development of a formulation and production technology for a polyfunctional food ingredient with adaptogenic properties141
<i>S. M. Ponomareva, M. I. Lyndina, I. V. Protunkevich</i> Analysis of research results selenium content in vegetable raw materials68	<i>I. Yu. Reznichenko, A. M. Chistyakov, M. S. Shcheglov</i> Analysis of the competitive advantages of functional flour pastry products147
<i>V. N. Makarova, Ye. G. Sobolev, O. N. Pchelintseva, Z. A. Bochkareva</i> Use of dried guarana berries and rice flour in the production of bakery products75	<i>Ju. A. Betz, I. V. Pankrashkina, N. L. Naumova</i> Quality and nutritional value of composite mixtures including spelt wheat155
<i>I. I. Khvostov, A. V. Borisova</i> Biosynthesis of oils83	<i>S. V. Kuzmin, V. G. Popov, I. V. Mozzherina</i> Relevance of the development of recipes and technologies for the production of snacks from non-traditional fish raw materials163

SECTION 2. CHEMICAL TECHNOLOGY

M. Q. Gubari, N. V. Alekseeva

Mathematical model of ion transfer in the electrodialysis process.....170

V. I. Bykov, S. I. Ilyina, V. Ya. Loginov, L. V. Ravichev, A. A. Svitzov

Electrodialysis: history and development prospects.....179

L. A. Erofeevskaya, A. K. Kychkin, A. A. Kychkin, A. A. Gabishev

Research of the influence of environmental factors on the mechanism of textolitic biology in the conditions of the open ecosystem189

SECTION 3. METALLURGY AND MATERIALS SCIENCE

K. S. Zhansakova

Effect of the type of vulcanization system and vulcanization accelerator on the properties of porous rubbers......201

I. N. Ganiev, S. S. Sodikova, U. Sh. Yakubov, S. J. Alikhonova

Influence of aluminum on specific heat capacity and changes in thermodynamic functions of zinc......208

AUTHOR'S INDEX.....217



РАЗДЕЛ 1. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

Научная статья

05.18.01 – Технология обработки, хранения и переработки злаковых, бобовых культур, крупяных продуктов, плодоовощной продукции и виноградарства (технические науки)

УДК 612.392.72

doi 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.03.001

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА СЫРЬЯ, ИСПОЛЬЗУЕМОГО ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЦЕЛЕВЫХ КОМПОНЕНТОВ ПРИ СОЗДАНИИ ПРОДУКТА ДЛЯ ИНКАПСУЛИРОВАНИЯ

Анастасия Сергеевна Терентьева ¹, Алина Евгеньевна Ширяева ²

^{1, 2} Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, Санкт-Петербург, Россия

¹ murzik1997@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8727-3500>

² shirjaeva.a1399@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-4999-9869>

Аннотация. В работе была проведена оценка качества плодово-ягодного сырья, выполнен его физико-химический анализ сырья на содержание вредных веществ и соответствие показателям безопасности продукции, в частности, на наличие тяжёлых металлов и пестицидов с целью определения возможности применения сырья для извлечения целевых компонентов.

Предметом исследования стал жмых плодово-ягодных культур. Он имеет высокое содержание полезных компонентов и может служить вторичным сырьем в пищевом производстве.

В ходе работы были проанализированы нормативные документы, которые дают представление о том, какими методами производилась оценка качества и на какие этапы можно разбить выполняемую работу по пробоподготовке. Следует отметить, что процесс пробоподготовки является одним из наиболее важных этапов анализа продукции, именно от него зависит качество аналитических исследований сырья, и качество конечного пищевого продукта.

Сырье (жмых ягод клюквы, черники, брусники и черноплодной рябины) было проверено на соответствие нормативным документам на пищевую продукцию (ТР ТС 021/2011; ГОСТ Р 51074-2016; ГОСТ Р 51740-2016 и ряда других) по содержанию ртути, мышьяка, свинца и кадмия. В работе представлены результаты проведения анализа на содержание этих токсичных элементов. Исследованные образцы соответствуют требуемым нормам. Изучаемый жмых может быть использован в качестве сырья для извлечения целевых компонентов и дальнейшей переработке. Данные результаты исследования могут быть использованы в качестве доказательства применимости жмыха в пищевой промышленности при производстве инкапсулированных форм пищевых добавок.

Ключевые слова: пробоподготовка, оценка качества продукции, ягодное сырье, анализ, инкапсулирование, тяжелые металлы, атомно-абсорбционная спектрометрия, жмых, брусника, черника, клюква, черноплодная рябина.

Для цитирования: Терентьева, А. С., Ширяева, А. Е. Оценка качества сырья, используемого для извлечения целевых компонентов при создании продукта для инкапсулирования // Ползуновский вестник. 2021. № 3. С. 7–12. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.03.001.

ASSESSMENT OF THE QUALITY OF RAW MATERIALS USED FOR EXTRACTION OF TARGET COMPONENTS WHEN CREATING A PRODUCT FOR ENCAPSULATION

Anastasia S. Terentyeva ¹, Alina E. Shiryaeva ²

^{1,2} ITMO University, St. Petersburg, Russia

¹ murzik1997@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8727-3500>

² shirjaeva.a1399@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-4999-9869>

Abstract. We assessed the quality of fruit and berry raw materials, carried out a physical and chemical analysis of raw materials for the content of harmful substances and compliance with product safety indicators, in particular for the presence of heavy metals and pesticides, in order to determine the possibility of using raw materials to extract target components.

The subject of the research was the cake of fruit and berry crops. It has a high content of useful components and can serve as a secondary raw material in food production.

The normative documents which give an idea of what methods were used to assess the quality and into what stages the work performed on sample preparation can be divided were analyzed. It should be noted that the process of sample preparation is one of the most important stages in the analysis of products, it is on it that the quality of analytical studies of raw materials and the quality of the final food product depend.

The raw materials (cranberry, blueberry, lingonberry and chokeberry cake) were checked for compliance with the regulatory documents for food products (TR TS 021/2011; GOST R 51074-2016; GOST R 51740-2016 and a number of others) for the content of mercury, arsenic, lead and cadmium. The paper presents the results of the analysis for the content of these toxic elements. The investigated samples meet the required standards. The studied cake can be used as a raw material for the extraction of target components and further processing. These research results can be used as base of the applicability of cake in the food industry in the production of encapsulated forms of food supplements.

Keywords: sample preparation, quality assessment, berry raw materials, analysis, encapsulation, heavy metals, atomic absorption spectrometry, cake, lingonberry, blueberries, cranberry, chokeberry.

For citation: Terentyeva, A. S. & Shiryaeva, A. E. (2021). Assessment of the quality of raw materials used for extraction of target components when creating a product for encapsulation. *Polzunovskiy vestnik*, (3), 7-12. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.03.001.

ВВЕДЕНИЕ

В России широко распространены такие плодово-ягодные культуры, как брусника, клюква, черника и черноплодная рябина.

Ягоды имеют большую пищевую ценность: в них содержится большое количество витаминов (С, В2, В6, РР и др.), а также органических кислот и других микроэлементов, при этом они доступны для промышленной переработки [1].

В большинстве случаев в производстве используют только соки плодово-ягодных культур. При этом значительная часть ценных компонентов после получения сока остается в отходах, а именно в жмыхе [2]. Ягодный жмых представляет собой смесь из кожуры,

семян и пульпы, что составляет примерно 20–40 % от общей массы ягоды.

Использование вторичного сырья (жмыха) позволяет уменьшить объемы утилизации отходов в пользу сокращения потребления ресурсов, таким образом положительно влияя на современную экологическую обстановку [3].

Современные технологии позволяют получать из остатков пищевого производства полезные добавки. Они могут быть созданы на основе вторичного сырья из садовых и дикорастущих ягод, так как они являются богатым источником витаминов и микроэлементов.

Для подтверждения безопасности вторичного сырья и возможности использования

его в пищевом производстве требуется проведение анализа на содержание токсичных элементов.

МЕТОДЫ

Методы, применяемые в работе, включают изучение нормативной документации, получение результатов оценки качества пищевого сырья и сопоставление полученных данных с нормативными требованиями.

В данной работе жмых ягод проходит процедуру оценки качества. В дальнейшем он послужит сырьем для извлечения целевых компонентов при создании продукта для инкапсулирования.

Инкапсулирование – это процесс заключения частиц одного материала в частицы другого, при котором капсулируемое вещество отделяется от окружающей среды. Таким образом, инкапсуляция создает новые частицы [4].

После анализа полученных результатов можно определить, насколько исследуемое сырье может быть применимо для изготовления определенного типа продукции. Выводы о пригодности жмыха в данной работе формируются по показателям содержания тяжелых металлов, таких как ртуть, мышьяк, свинец и кадмий.

В ходе работы была поставлена цель – определение возможности применения сырья (жмыха) для извлечения целевых продуктов.

Стоит обратить внимание, что важную роль в проведении анализа играет пробоподготовка. От качества пробоподготовки зависит возможность проведения анализа и достоверность его результата.

Проведение анализа состоит из четырех этапов, независимо от метода и объекта исследования.

Этапы анализа включают:

1. Отбор пробы.
2. Подготовку пробы.
3. Измерения.
4. Обработку полученных результатов.

Самой частой причиной ошибки в проведении анализа является неправильная пробоподготовка. В процессе подготовки пробы происходит ее преобразование, в котором она обретает форму, необходимую для проведения анализа, а также избавляется от компонентов, препятствующих проведению анализа.

Для подготовки образцов жмыха ягод был применен метод минерализации под давлением:

1. Измельчение образцов ножницами до частиц, размер которых не превышает 3 мм.

2. Перемешивание и растирание в ступке полученных частиц.

3. Усреднение и сокращение пробы методом квартования (процедура повторяется 2–3 раза):

- a) размещение пробы в виде усеченного конуса на поверхности;

- b) разравнивание до получения плоского квадрата;

- c) разделение по диагоналям (два треугольника, противоположных друг другу, убирают, другие два снова собирают в конус).

При пробоподготовке жмыха ягод процедуру высушивания пропускают. Массовая доля влаги жмыха составляет всего 5–10 %.

4. Основной процесс пробоподготовки – разложение проб ягодного жмыха путем кислотной минерализации под давлением.

Навеска пробы помещается в сосуд из кварца (соотношение объема пробы и объема сосуда должно быть 2 : 35). Далее в сосуд помещается 3 см³ концентрированной азотной кислоты (водный раствор массовой долей не менее 65 %, плотностью около 1,4 г/см³). После этого пробу в контейнере помещают в аппарат для минерализации под давлением. Контейнер должен обладать следующими свойствами: изготовлен из кислотостойкого материала, устойчив к высокому давлению.

В зависимости от определяемого вещества температуру в аппарате поднимают до 230–320 °С. Процесс может занимать от 15 минут до 3 часов (зависит от температурного режима). Далее образцы остужают и ставят в вытяжной шкаф до прекращения выделения коричневого дыма.

После проведения пробоподготовки путем минерализации образец должен быть прозрачным с сохранением объема. При заметном уменьшении объема образца минерализацию необходимо произвести заново, так как произошла разгерметизация, и полученная проба не пригодна для анализа.

Конечной стадией пробоподготовки ягодного жмыха является получение необходимого объема водного раствора минерализата [5].

От качества проведения пробоподготовки напрямую зависит точность получения итогового результата анализа. Ошибки в проведении пробоподготовки в 80 % случаев приводят к неточному результату. Применение современного и качественного оборудования поможет избежать проблем, причинами которых являются загрязнение образцов и потери элементов при выполнении процедур [6].

Был проведен анализ следующих государственных стандартов в области оценки качества пищевой промышленности:

- ГОСТ EN 14083-2013 Продукты пищевые. Определение следовых элементов. Определение свинца, кадмия, хрома и молибдена с помощью атомно-абсорбционной спектроскопии с атомизацией в графитовой печи с предварительной минерализацией пробы при повышенном давлении [7].

- ГОСТ Р 53183-2008 (EN 13806:2002) Продукты пищевые. Определение следовых элементов. Определение ртути методом атомно-абсорбционной спектроскопии хо-

лодного пара с предварительной минерализацией пробы под давлением [8].

- ГОСТ 31707-2012 (EN 14627:2005) Продукты пищевые. Определение следовых элементов. Определение общего мышьяка и селена методом атомно-абсорбционной спектроскопии с генерацией гидридов с предварительной минерализацией пробы под давлением [9].

Исходя из данных, рассмотренных в нормативных документах, были выделены значения допустимого количества веществ в образцах (таблица 1).

Таблица 1 – Допустимые количества веществ в испытываемых образцах

Table 1 – Permissible amounts of substances in test samples

Измеряемое вещество (массовая доля)	Нормативные документы на методы испытаний	Максимально допустимые значения согласно нормативным документам, мг/кг
Свинец	ГОСТ EN 14083-2013	0,4
Мышьяк	ГОСТ 31707-2012 (EN 14627:2005)	0,2
Кадмий	ГОСТ EN 14083-2013	0,03
Ртуть	ГОСТ Р 53183-2008 (EN 13806:2002)	0,02

В данных стандартах описаны методы оценки качества сырья, применяемые для определения следовых количеств токсичных элементов:

1. Атомно-абсорбционная спектроскопия с атомизацией в графитовой печи с предварительной минерализацией пробы при повышенном давлении.

2. Атомно-абсорбционная спектроскопия холодного пара с предварительной минерализацией пробы под давлением.

3. Атомно-абсорбционная спектроскопия с генерацией гидридов с предварительной минерализацией пробы под давлением.

В основе каждого из этих методов лежит атомно-абсорбционная спектроскопия.

Атомно-абсорбционная спектроскопия – это метод определения концентрации элемента в образцах путем измерения поглощения электромагнитного излучения атомными парами элемента в тестовом образце [10]. Испытание проводится на длине волны одной из линий поглощения определяемого элемента, при этом количество поглощенного излучения пропорционально концентрации элемента.

Этапы этого процесса имеют следующую последовательность:

1. Образец вводится в источник излучения, в котором испаряются твердые и жидкие

пробы, диссоциируются соединения, возбуждаются атомы и ионы.

2. Полученное свечение преобразуется в спектр.

3. Спектр расшифровывают. Для этого используют таблицы и атласы спектральных линий элементов.

Следующей задачей исследования стало проведение оценки качества жмыха. Были использованы все приведенные ранее методы оценки, поскольку каждый из методов применим для обнаружения в сырье только определенной группы веществ.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В работе рассматриваются образцы жмыха клюквы, брусники, черноплодной рябины и черники. Ягоды, из которых был получен жмых, предоставлены с территорий, удаленных от промышленных зон, поэтому превышение нормативов по содержанию токсичных элементов в исследуемом сырье маловероятно.

Испытания были проведены в соответствии с нормативами ГОСТ EN 14083-2013, ГОСТ 31707-2012 (EN 14627:2005), ГОСТ Р 53183-2008 (EN 13806:2002). Проверка проводилась на соответствие ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции».

**ОЦЕНКА КАЧЕСТВА СЫРЬЯ, ИСПОЛЬЗУЕМОГО ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЦЕЛЕВЫХ КОМПОНЕНТОВ
ПРИ СОЗДАНИИ ПРОДУКТА ДЛЯ ИНКАПСУЛИРОВАНИЯ**

В таблице 2 представлены результаты проведенных испытаний, согласно которым

содержание определяемых веществ в образцах соответствует норме.

Таблица 2 – Результаты испытаний

Table 2 – Tests results

Наименование образца	Наименование измеряемого вещества (массовой доли)	Результаты испытаний, мг/кг
Жмых ягод брусники	Свинец	Менее 0,2
	Мышьяк	Менее 0,1
	Кадмий	Менее 0,02
	Ртуть	Менее 0,005
Жмых ягод черники	Свинец	Менее 0,2
	Мышьяк	Менее 0,1
	Кадмий	Менее 0,02
	Ртуть	Менее 0,005
Жмых ягод клюквы	Свинец	Менее 0,2
	Мышьяк	Менее 0,1
	Кадмий	Менее 0,02
	Ртуть	Менее 0,005
Жмых ягод черноплодной рябины	Свинец	Менее 0,2
	Мышьяк	Менее 0,1
	Кадмий	Менее 0,02
	Ртуть	Менее 0,005

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Жмых ягод обладает полезными свойствами и доступен для промышленной переработки. Рациональное использование отходов в виде ягодного жмыха позволит повысить экономическую эффективность производств, а также уменьшить объемы утилизации.

В результате проведенной работы можно сделать следующие выводы:

1. Были изучены межгосударственные стандарты, определен порядок выполнения процедуры пробоподготовки, проведен анализ, а также выполнено сопоставление результатов измерений и допустимых значений концентраций тяжелых металлов в пищевых продуктах.

2. Пробоподготовка и анализ проведены в соответствии с требованиями нормативных документов, следовательно, ошибочных значений в результатах анализа пробы не выявлено.

3. В ходе проведения оценки качества пищевого сырья определено, что в рассматриваемых образцах жмыха ягод концентрации тяжелых металлов не превышает установленных нормативных значений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеевко, Е.В. Инновационные технологии переработки ягодного сырья: научные и прикладные аспекты : автореф. дис... док. техн. наук:

05.18.01 / Моск. гос. ун-т. пищ. произв. М., 2013. 478 с. 1.

2. Голубев, И.Г., Шванская, И.А., Коноваленко, Л.Ю., Лопатников, М.В. Рециклинг отходов в АПК : справочник. М. : ФГБНУ «Росинформагротех», 2011. 296 с.

3. Бакин, И.А., Мустафина, А.С., Вечтомова, Е.А., Колбина, А.Ю. Использование вторичных ресурсов ягодного сырья в технологии кондитерских и хлебобулочных изделий // Техника и технология пищевых производств. 2017. Т. 45. № 2. С. 5–12.

4. Демьянцева, Е.Ю., Парфенова, А.В. Способы инкапсулирования ферментов : учеб.-метод. пособие. С-Пб. : ВШТЭС СПбГУПТД, 2018. 20 с.

5. ГОСТ 31671-2012 (EN 13805:2002). Продукты пищевые. Определение следовых элементов. Подготовка проб методом минерализации при повышенном давлении. М. : Стандартинформ, 2010. 9 с.

6. Мовчан, Н.И., Романова, Р.Г., Горбунова, Т.С., Евгеньева, И.И. Основы аналитической химии. Химические методы анализа : учеб. пособие. Казань : КНИТУ, 2012. 196 с.

7. ГОСТ EN 14083-2013 Продукты пищевые. Определение следовых элементов. Определение свинца, кадмия, хрома и молибдена с помощью атомно-абсорбционной спектроскопии с атомизацией в графитовой печи с предварительной минерализацией пробы при повышенном давлении. М. : Стандартинформ, 2014. 8 с.

8. ГОСТ Р 53183-2008 (EN 13806:2002) Продукты пищевые. Определение следовых элементов. Определение ртути методом атомно-абсорбционной спектроскопии холодного пара с предварительной минерализацией пробы под давлением. М. : Стандартинформ, 2010. 8 с.

9. ГОСТ 31707-2012 (EN 14627:2005) Продукты пищевые. Определение следовых элементов. Определение общего мышьяка и селена методом атомно-абсорбционной спектроскопии с генерацией гидридов с предварительной минерализацией пробы под давлением. М. : Стандартинформ, 2014. 11 с.

10. Беляцкий, В.Н. Основы методов атомно-абсорбционной спектроскопии и атомно-эмиссионной спектроскопии. Минск : БГМУ, 2015. 47 с.

Информация об авторах

А. С. Терентьева – магистрант факультета энергетики и экотехнологий ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики».

А. Е. Ширяева – магистрант факультета энергетики и экотехнологий ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики».

REFERENCES

1. Alekseyenko, E.V. (2013). Innovative technologies for processing berry raw materials: scientific and applied aspects. Extended abstract of candidate's thesis. Moscow: MSUFP. (In Russ).

2. Golubev, I.G., Shvanskaya, I.A., Konovalenko, L.Yu. & Lopatnikov, M.V. (2011). Recycling of waste in the AIC: Handbook. Moscow: ROSINFORMAGROTEKH. (In Russ).

3. Bakin, I.A., Mustafina, A.S., Vechtomova, E.A. & Kolbina, A.Yu. (2017). The use of secondary resources of berry raw materials in the technology of confectionery and bakery products. *Food Processing: Techniques and Technology*, (45.2), 5-12. (In Russ).

4. Demyantseva, E.Yu. & Parfenova, A.V. (2018). Methods for encapsulating enzymes: training and skills manual. Saint-Petersburg: SUTD. P. 20. (In Russ).

5. Food products. Definition of trace elements. Preparation of samples by the method of mineralization at elevated pressure. (2012). HOST 31671-2012. from 1 January 2016. Moscow: Standards Publishing House. (In Russ.).

6. Movchan, N.I., Romanova, R.G., Gorbunova T.S. & Evgenieva, I.I. (2012). Fundamentals of analytical chemistry. Chemical analysis methods: training manual. Kazan: KNRTU P. (In Russ).

7. Food products. Definition of trace elements. Determination of lead, cadmium, chromium and molybdenum by atomic absorption spectrometry with atomization in a graphite furnace with preliminary mineralization of the sample at elevated pressure. (2013). HOST EN 14083-2013. from 1 July 2015. Moscow: Standards Publishing House. (In Russ.).

8. Food products. Definition of trace elements. Determination of mercury by atomic absorption spectrometry of cold steam with preliminary mineralization of the sample under pressure. (2008). HOST R 53183-2008. from 1 January 2011. Moscow: Standards Publishing House. (In Russ.).

9. Food products. Definition of trace elements. Determination of total arsenic and selenium by atomic absorption spectrometry with generation of hydrides with preliminary mineralization of the sample under pressure. (2012). HOST 31707-2012. from 1 July 2015. Moscow: Standards Publishing House. (In Russ.).

10. Bialiatski, V.N. (2015). Fundamentals of atomic absorption spectrometry and atomic emission spectroscopy. Minsk: BSMU. (In Russ).

Information about of authors

A. S. Terenteva – master's student at the Faculty of Energy and Ecotechnology of ITMO University, St. Petersburg.

A. E. Shiryayeva – master's student at the Faculty of Energy and Ecotechnology of ITMO University, St. Petersburg.

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare that there is no conflict of interest.*

Статья поступила в редакцию 28.06.2021; одобрена после рецензирования 04.09.2021; принята к публикации 10.09.2021.

The article was received by the editorial board on 28 June 21; approved after editing on 4 Sep 21; accepted for publication on 10 Sep 21.



Научная статья

05.18.01 – Технология обработки, хранения и переработки злаковых, бобовых культур, крупяных продуктов, плодоовощной продукции и виноградарства (технические науки)

УДК 665.35

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.03.002

ИССЛЕДОВАНИЕ ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ КОРИЧНЕВЫХ И БЕЛЫХ СЕМЯН ЛЬНА

Мария Анатольевна Болгова ¹, Наталья Леонидовна Клейменова ²,
Инесса Николаевна Болгова ³, Максим Васильевич Копылов ⁴

^{1,2,3,4} Воронежский государственный университет инженерных технологий, Воронеж, Россия

¹ masha14.bolgova@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0001-7464-3883>

² klesha78@list.ru, <http://orcid.org/0000-0002-1462-4055>

³ bolgovainessa@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0003-0915-8405>

⁴ kopylov-maks@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0003-2678-2613>

Аннотация. Интерес в области питания к продуктам на растительной основе растет, особенно к таким, как льняное семя и льняное масло. Семена льна обладают полезными для здоровья свойствами благодаря своим ингредиентам, например, альфа-линолевой кислоте, лигнинам и т.п. Наличие этих составляющих способствует уменьшению количества разного рода заболеваний. Особый интерес вызывают исследования по химическому и витаминному составу льняного семени при рассмотрении его в контексте профилактического и здорового питания. Исследования различных семян льна проводились согласно требованиям нормативных документов, при этом определяли аминокислотный профиль, химический состав, а также содержание витаминов с учетом токоферолов. Установлено, что семена льна богаты такими белками, как аргинин, аспарагиновая кислота и глутаминовая кислота. Содержание аминокислот в коричневом семени выше, чем в белом. Анализ химического состава семян льна белого и коричневого цвета показал, что данное сырье характеризуется наличием протеина (до 25,4 мг/100 г), углеводами (до 32 мг/100 г), макроэлементом, таким как кальций. Из микроэлементов незначительно присутствует железо, а также имеются в наличии минеральные вещества до 3,2 мг/100 г. Количество витаминов группы В невелико, а витамин Е выступает в форме γ -токоферола и способствует защите полиненасыщенных жирных кислот в фосфолипидах клеточной мембраны. Благодаря относительно высокой концентрации биологически активных веществ льняное семя является привлекательным компонентом с точки зрения создания функциональных продуктов питания.

Ключевые слова: льняное семя, химический состав, аминокислотный состав, витамины, аминокислоты.

Для цитирования: Исследование питательных веществ коричневых и белых семян льна / М. А. Болгова [и др.] // Ползуновский вестник. 2021. № 3. С. 13–20. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.03.002.

NUTRIENT STUDY OF BROWN AND WHITE FLAX SEEDS

Maria A. Bolgova ¹, Natalia L. Kleymenova ², Inessa N. Bolgova ³,
Maxim V. Kopylov ⁴

^{1, 2, 3, 4} Voronezh State University of Engineering Technologies, Voronezh, Russia

¹ masha14.bolgova@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0001-7464-3883>

² klesha78@list.ru, <http://orcid.org/0000-0002-1462-4055>

³ bolgovainessa@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0003-0915-8405>

⁴ kopylov-maks@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0003-2678-2613>

Abstract. Nutritional interest in plant-based foods is growing, especially in flaxseed and flaxseed oil. Flaxseeds have health benefits from ingredients such as alpha-linoleic acid, lignins, etc. The presence of these ingredients helps to reduce the number of various kinds of diseases. Research on the chemical and vitamin composition of flaxseed is interesting when viewed in the context of preventive and healthy nutrition. Studies of various flax seeds were carried out in accordance with the requirements of regulatory documents, while determining the amino acid profile, chemical composition, as well as the content of vitamins and tocopherols. It has been found that flax seeds are rich in proteins such as arginine, aspartic acid and glutamic acid. The amino acid content of brown seed is higher than that of white seed. Analysis of the chemical composition of flax seeds of different colors showed that the raw material is characterized by the presence of protein (up to 25.4 mg/100 g), carbohydrates (up to 32 mg/100 g), and calcium. As the trace elements, iron is slightly present, and there are also available minerals up to 3.2 mg/100 g. The amount of B vitamins is small, and vitamin E appears in the form of γ -tocopherol and contributes to the protection of polyunsaturated fatty acids in the phospholipids of the cell membrane. Due to the relatively high concentration of biologically active substances, flaxseed is an attractive component in terms of creating functional food products.

Keywords: flaxseed, chemical composition, amino acid composition, vitamins, tocopherols, amino acids.

For citation: Bolgova, M.A., Kleymenova, N.L., Bolgova, I.N. & Kopylov, M.V. (2021). Nutrient study of brown and white flax seeds. *Polzunovskiy vestnik*, (3), 13-20. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.03.002.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время здоровое питание является частью жизни человека и может использоваться для профилактики заболеваний. В результате интерес в области питания к продуктам на растительной основе растет, особенно к таким, как льняное семя и льняное масло. Семена льна уникальны и необходимы для профилактики некоторых видов рака [1]. Таким образом, эти семена являются привлекательным пищевым ингредиентом.

Льняное семя является источником пищевых волокон, способствует снижению уровня глюкозы в крови, применяется для борьбы с ожирением мужчин и женщин [2].

Льняная культура полностью используется в различных областях: для производства краски линолеума, корма для скота, медицине, для получения клетчатки и т.п. [3–5]. Цельное льняное семя можно обжа-

рить, экструдировать, растянуть, чтобы улучшить его применимость в различных продуктах питания.

Существуют разновидности по цвету семени от желтого до коричневого, а также имеется разница в условиях выращивания, что отражается на химическом составе семени.

Благодаря своему уникальному природному составу, семена белого (золотистого или желтого) льна вызывают особый интерес как продукт функционального питания, содержащий в себе значительное количество биологически активных веществ, нацеленных на сохранение здоровья.

Около 42 % коричневого льняного семени составляет масло, 70 % из которого – полиненасыщенные жирные кислоты. Содержание незаменимой жирной кислоты (альфа-линоленовой кислоты) доходит до 57 %, пищевых волокон и лигнанов – 28 % [6]. Для наилучшего применения всех этих компонен-

тов семена рекомендуется перемолоть, чтобы повысить их биодоступность. Польза для здоровья лигнанов льняного семени заключается в их антиоксидантной способности, что связано с подавлением окислительных условий активных форм кислорода [7].

Анализ литературных источников показал, что семена коричневого льна содержат 41 % жира, 20 % белка, 29 % углеводов, из которых 28 % клетчатка, а остальные 10 % приходится на воду, минералы, витамины и т.п. [8]. Установлено, что в них содержится 9 % насыщенных, 18 % мононенасыщенных и 73 % полиненасыщенных жирных кислот [9].

Коричневые и белые сорта льняного семени практически идентичны по содержанию питательных веществ [10]. Цвет оболочки семян определяется количеством присутствующего пигмента. Эту особенность можно изменить с помощью обычных методов селекции растений. Питательная ценность коричневого и белого льна схожа, поэтому для потребителей большую роль будет играть при покупке пищевого продукта, содержащего льняное семя, цена и внешний вид.

Следует отметить, что установлена связь между потреблением молотого льняного семени и снижением уровня холестерина – основным фактором риска сердечных заболеваний [11].

Целью исследования являлось изучение аминокислотного, витаминного и химического состава в коричневых и белых семенах льна.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Аминокислотный состав семени льна исследуемых образцов анализировали с помощью ионообменной хроматографии по ГОСТ 31480-2012, ГОСТ 33428-2015, ГОСТ Р 55569-2013 [12–14]. Проведено исследование витаминного состава по ГОСТ EN 12822-2014, ГОСТ 31483-2012, [15–16]. При этом исследуемые семена измельчали на бичевой семенорушке МНР.

Также определялся химический состав семени льна на основании стандартных методик: ГОСТ 26928-86, ГОСТ EN 12823-2-2014, ГОСТ ISO 658-2013 [17–19]. Содержание белка и углеводов определяли по стандартным методикам [20].

Полученные данные обрабатывались с помощью дисперсионного анализа с использованием пакета Statgraphic Plus. Различия считались статистически значимыми, если $P < 0,05$. Когда наблюдалось достоверное значение средних значений, различия между средними значениями оценивались с использованием процедуры LSD Фишера.

В результате проведенного эксперимента определены качественные характеристики семени льна – аминокислотный состав. Известно, что количество белков в исследуемой культуре может достигать 30 % [21–23]. Анализ различной литературы по содержанию аминокислотного состава коричневого и белого семени льна представлен на рисунке 1.

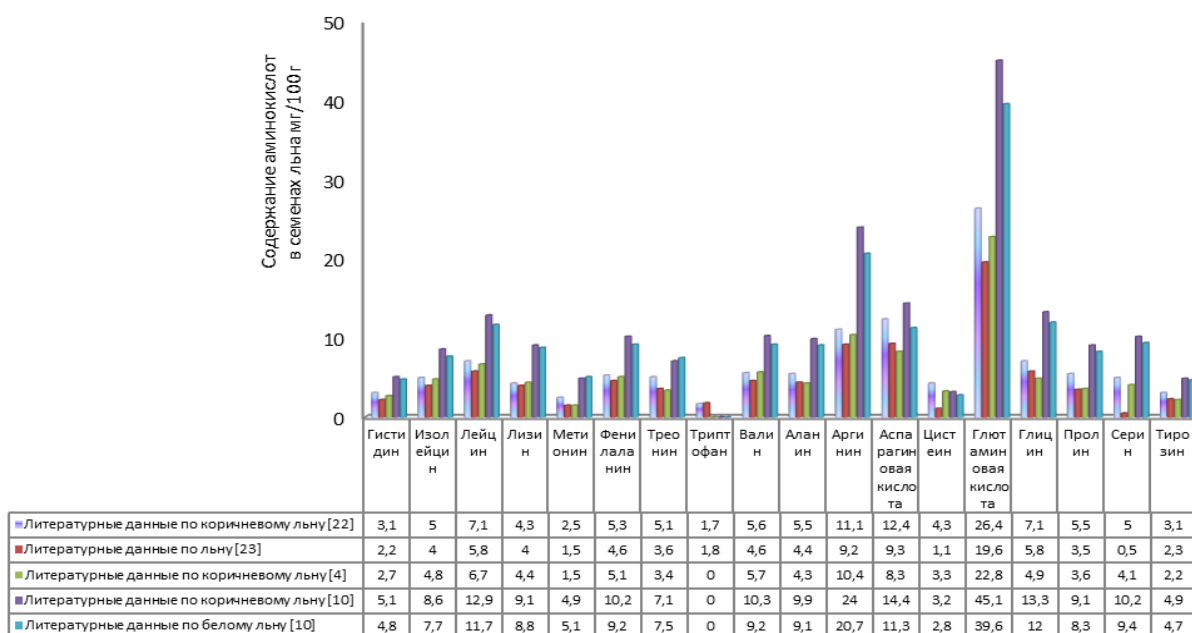


Рисунок 1 – Содержание аминокислот в коричневых и белых семенах льна

Figure 1 – Amino acid content in brown and white flax seeds

На рисунке 1 показано, что аминокислотный профиль в коричневых и белых семенах льна содержит большое количество питательных белков. Из рисунка видно, что в коричневых и белых семенах льна содержатся питательные белки: лейцин, аргинин, аспарагиновая кислота, глутаминовая кислота, глицин.

Высокое содержание растительного белка в льняном семени представляет интерес для сбалансированного питания.

Уникальность льняного семени состоит в высоком содержании линоленовой кислоты (Омега 3), которая, попадая в организм чело-

века, способствует выведению холестерина и поддерживает на необходимом уровне метаболизм белков и жиров.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Качественный и количественный состав компонентов льняного семени коричневого и белого зависит от генетики, условий выращивания, способов обработки и методов анализа. Получен аминокислотный профиль коричневого и белого семени льна (рисунок 2).

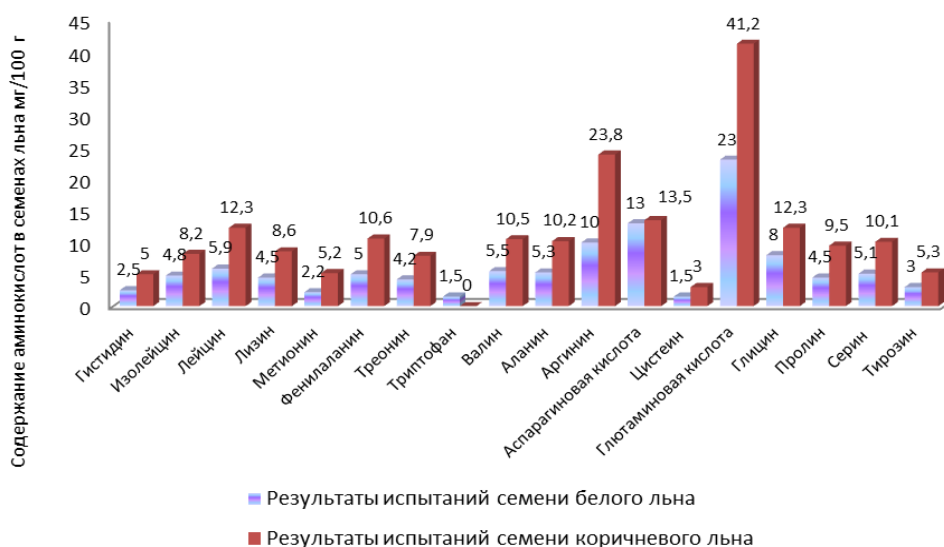


Рисунок 2 – Аминокислотный профиль в семени коричневого и белого льна

Figure 2 – Amino acid profile in brown and white flax seeds

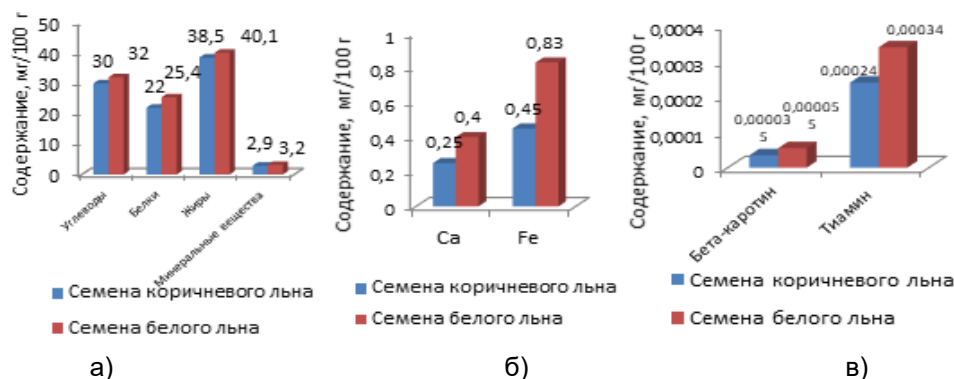


Рисунок 3 – Химический состав коричневого и белого семени льна: а – углеводы, белки, жиры, минеральные вещества; б – кальций, железо; в – бета-каротин, тиамин

Figure 3 – Chemical composition of brown and white flax seed:
a – carbohydrates, proteins, fats, minerals; b – calcium, iron; c – carotene, thiamine

Анализ рисунка 2 показал, что аргинин, аспарагиновая и глутаминовая кислоты содержатся в относительно высоких количествах. Белок льна относительно богат аргинином, аспарагиновой и глутаминовой кислотами, а ли-

митирующими аминокислотами являются лизин, метионин и цистеин. Также анализ исследований семян льна показал, что содержание аминокислот коричневого семени выше, чем белого. Изучен химический состав коричневого

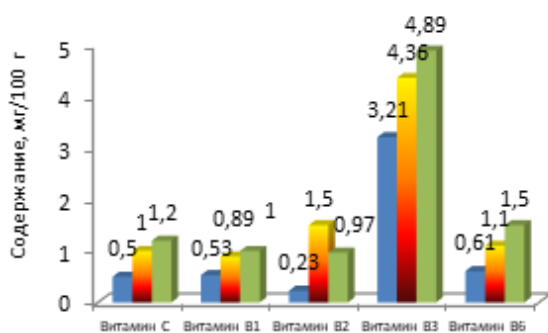
ИССЛЕДОВАНИЕ ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ КОРИЧНЕВЫХ И БЕЛЫХ СЕМЯН ЛЬНА

и белого семени льна, который определяет характеристику по основным пищевым веществам и предопределяет технологические и пищевые свойства льняного масла. Анализ химического состава коричневого и белого семени льна представлен на рисунке 3.

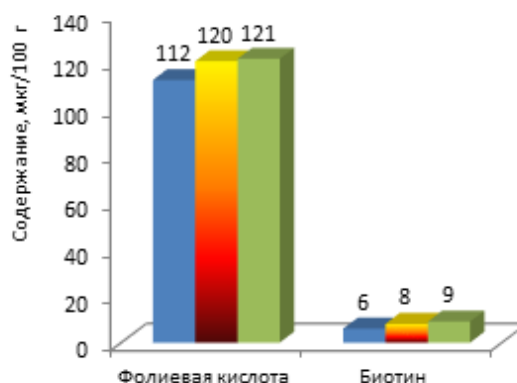
Анализируя химический состав семян льна разных сортов, можно сделать вывод о том, что

данное сырье характеризуется наличием протеина (до 25,4 мг/100 г), углеводами (до 32 мг/100 г), макроэлементом, таким как кальций.

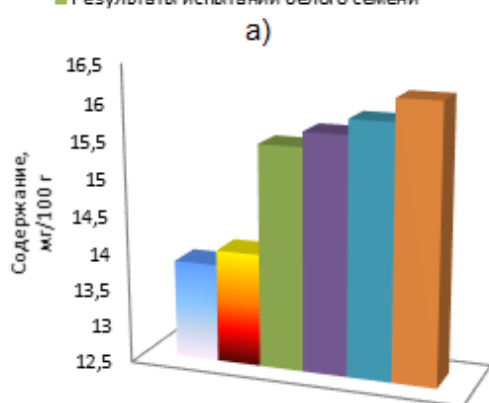
Из микроэлементов незначительно присутствует железо, а также имеются в наличии минеральные вещества до 3,2 мг/100 г. В льняном семени было обнаружено присутствие токоферолов (рисунок 4).



■ Литературные данные [24]
 ■ Результаты испытаний коричневого семени
 ■ Результаты испытаний белого семени

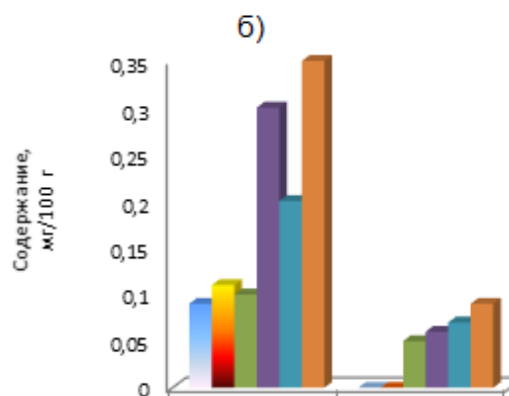


■ Литературные данные [24]
 ■ Результаты испытаний коричневого семени
 ■ Результаты испытаний белого семени



	γ токоферол
■ Нижняя граница [4]	13,83
■ Верхняя граница [4]	14,03
■ Нижняя граница коричневого семени	15,5
■ Верхняя граница коричневого семени	15,7
■ Нижняя граница белого семени	15,9
■ Верхняя граница белого семени	16,2

в)



	α токоферол	δ токоферол
■ Нижняя граница коричневого семени [4]	0,09	0
■ Верхняя граница коричневого семени [4]	0,11	0
■ Нижняя граница коричневого семени	0,1	0,05
■ Верхняя граница коричневого семени	0,3	0,06
■ Нижняя граница белого семени	0,2	0,07
■ Верхняя граница белого семени	0,35	0,09

г)

Рисунок 4 – Содержание витаминов и токоферолов в льняном семени: а – витамин С, витамины группы В; б – фолиевая кислота и биотин; в – γ-токоферол; г – α-токоферол и δ-токоферол

Figure 4 – Vitamins and tocopherols content in flaxseed: а – vitamin С, В-group vitamins; б – folic acid and biotin; в – γ-tocopherol; г – α-tocopherol and δ-tocopherol

Анализ рисунка показал, что полученные данные содержания витаминов фолиевой кислоты, биотина, токоферолов в льняном семени коричневого цвета согласуются с литературой [22, 23]. При исследовании количества витаминов С и группы В получены значения несколько выше по сравнению с литературными источниками, что может быть связано с разными условиями выращивания и сортов.

В исследуемых объектах установлено, что доля водорастворимых и жирорастворимых витаминов группы В невелика, а витамин Е выступает в форме γ -токоферола.

Содержание витаминов в семени белого цвета незначительно выше по сравнению с коричневым. Больше всего в льняном семени содержится γ -токоферола, следовательно, семя обладает высокой антиоксидантной активностью и способствует сохранению полиненасыщенных жирных кислот. Высокое содержание токоферолов является важным фактором, влияющим на стадии хранения и переработки семян.

ВЫВОДЫ

Таким образом, употребление льняного семени в пищу имеет большие преимущества, поскольку помогает в подавлении болезней и укреплении здоровья. Учитывая большое количество исследований, проведенных относительно пользы для здоровья в сочетании с безопасностью употребления льняного семени, можно сказать, что это семя может быть эффективным пищевым ингредиентом для улучшения здоровья людей. Рекомендуемая суточная норма составляет от 1 до 3 столовых ложек молотого зерна в день. В льняном семени присутствуют белки, жиры, углеводы, минеральные вещества, кальций, железо; бета-каротин, тиамин, витамин С, витамины группы В, антиоксиданты. Эти характеристики делают семена льна привлекательными для приготовления различных функциональных пищевых продуктов в коммерческом секторе пищевой промышленности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Fu, Y.-Q., Zheng, J.-S., Yang, B., Li, D. Effect of individual omega-3 fatty acids on the risk of prostate cancer. A systematic review and dose-response meta-analysis of prospective cohort studies // *Journal of epidemiology*. 2015. Vol. 25 (4). P. 261–274.
2. He, J., Wang, S., Zhou, M., Yu, W., Zhang, Y., He, X. Phytoestrogens and risk of prostate cancer. A meta-analysis of observational studies // *World journal of surgical oncology*. 2015. Vol. 13. P. 231.
3. Marambe, H.K., Wanasundara, J.P.D. Protein From Flaxseed (*Linum usitatissimum* L.) In: Nadathur, S.R.; Wanasundara, J.P.D., Scanlin, L. (Hrsg.). *Sustainable Protein Source*. Tokyo: Academic Press. 2017. P. 133–144.
4. Krishna, B., Gutte, A.K., Sahoo, Rahul C. Ranveer Bioactive Components of Flaxseed and its Health Benefits // *Int. J. Pharm. Sci. Rev. Res.* 2015. Vol. 31(1). P. 42–51.
5. Конева, С.И. Особенности использования продуктов переработки семян льна при производстве хлебобулочных изделий // *Ползуновский вестник*. 2016. № 3. С. 35–38.
6. Goyal, A., Sharma, V., Upadhyay, N., Gill, S., Sihag M. Flax and flaxseed oil. An ancient medicine & modern functional food // *Journal of food science and technology*. 2014. Vol. 51 (9). P. 1633–1653.
7. FAO (2017). FAOSTAT-Crops. Food and Agricultural Organization of the United Nations <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> (date of request 18.05.2021).
8. Kajla, P., Sharma, A., Sood, D.R. Flaxseed-a potential functional food source // *Journal of food science and technology*. 2015. Vol. 52 (4). P. 1857–1871.
9. Ganorkar, P.M. and Jain, R.K. Flaxseed – a nutritional punch // *International Food Research Journal*. 2013. Vol. 20(2). P. 519–525.
10. Nitrayová, S., Brestenský, M., Heger, J., Patráš, P., Rafay, J. and Sirotkin, A. Aminoacids and fatty acids profile of chia (*Salvia hispanica* L.) and flax (*Linum usitatissimum* L.) seed // *Potravinárstvo Scientific Journal for Food Industry*. 2014. Vol. 8(1). P. 72–76.
11. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. FAOSTAT. (2015). <https://www.scribd.com/doc/217139078/Organizacion-de-las-Naciones-Unidas-para-la-agricultura> (date of request 18.05.2021).
12. ГОСТ 31480-2012. Комбикорма, комбикормовое сырье. Определение содержания аминокислот (лизина, метионина, треонина, цистина и триптофана) методом капиллярного электрофореза (с Поправкой): дата введения 2013-07-01. Москва : Стандартинформ, 2020. 16 с.
13. ГОСТ 33428-2015 (ISO 17180:2013). Корма, премиксы. Определение содержания лизина, метионина и треонина: дата введения 2017-01-01. Москва : Стандартинформ, 2020. 16 с.
14. ГОСТ Р 55569-2013. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Определение протеиногенных аминокислот методом капиллярного электрофореза: дата введения 2015-07-01. Москва : Стандартинформ, 2014. 18 с.
15. ГОСТ EN 12822-2014. Продукты пищевые. Определение содержания витамина Е (α -, β -, γ -, σ -токоферолов) методом высокоэффективной жидкостной хроматографии : дата введения 2016-01-01. Москва : Стандартинформ, 2019. 16 с.
16. ГОСТ 31483-2012. Премиксы. Определение содержания витаминов: В1 (тиаминхлорида), В2 (рибофлавина), В3 (пантотеновой кислоты), В5 (никотиновой кислоты и никотиамида), В6 (пиридоксина), Вс (фолиевой кислоты), С (аскорбиновой)

кислоты) методом капиллярного электрофореза: дата введения 2013-07-01. Москва : Стандартиформ, 2012. 21 с.

17. ГОСТ 26928-86 Продукты пищевые. Метод определения железа: дата введения 1988-07-01. Москва : Стандартиформ, 2010. 16 с.

18. ГОСТ EN 12823-2-2014 Продукты пищевые. Определение содержания витамина А методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. Часть 2. Измерение содержания бета-каротина: дата введения 2017-07-01. Москва : Стандартиформ, 2019. 16 с.

19. ГОСТ Р ISO 658-2013 Семена масличных культур. Определение содержания примесей: дата введения 2017-07-01. Москва : Стандартиформ, 2019. 8 с.

20. Филиппова, Г.Г., Смолич, И.И. Биохимия растений. Методические рекомендации к лабораторным занятиям, задания для самостоятельной работы студентов. Минск: БГУ, 2004. 60 с.

21. Singh, K.K., Mridula, D., Rehal, J., Barnwal, P. Flaxseed. A potential source of food, feed and fiber // *Critical reviews in food science and nutrition*. 2011. Vol. 51 (3). P. 210–222.

22. Bhatti R.S. Nutrient Composition of Whole Flaxseed and Flaxseed Meal, in flaxseed in Human Nutrition, 1st edn. edited by Cunnane S.C.; Thompson L. U. (Hrsg.). Champaign: AOCS Press. 1995. P. 22–42.

23. Morris D.H. Flax - A Health and Nutrition Primer. Flax Council of Canada. <http://www.flaxcouncil.ca/resources/nutrition/technical-nutrition-information/flax-a-health-and-nutrition-primer/> 2007. (date of request 18.05.2021).

Информация об авторах

М. А. Болгова – студентка кафедры технологии жиров, процессов и аппаратов химических и пищевых производств Воронежского государственного университета инженерных технологий.

Н. Л. Клейменова – к.т.н., доцент кафедры управления качеством и технологии водных биоресурсов Воронежского государственного университета инженерных технологий.

И. Н. Болгова – к.т.н., доцент кафедры технологии жиров, процессов и аппаратов химических и пищевых производств Воронежского государственного университета инженерных технологий.

М. В. Копылов – к.т.н., доцент кафедры технологии жиров, процессов и аппаратов химических и пищевых производств Воронежского государственного университета инженерных технологий.

REFERENCES

1. Fu, Y.-Q., Zheng, J.-S., Yang, B., Li, D. (2015). Effect of individual omega-3 fatty acids on the risk of prostate cancer. A systematic review and dose-response meta-analysis of prospective cohort studies. *Journal of epidemiology*. 25 (4), 261–274.

2. He, J., Wang, S., Zhou, M., Yu, W., Zhang, Y., He, X. (2015). Phytoestrogens and risk of prostate cancer. A meta-analysis of observational studies. *World journal of surgical oncology*. 13, 231.

3. Marambe, H.K., Wanasundara, J.P.D. (2017). Protein From Flaxseed (*Linum usitatissimum* L.) In: Nadathur, S.R; Wanasundara, J.P.D., Scanlin, L. (Hrsg.). Sustainable Protein Source. Tokyo: Academic Press. P. 133–144.

4. Krishna, B., Gutte, A.K., Sahoo, Rahul C. Ranveer. (2015). Bioactive Components of Flaxseed and its Health Benefits. *Int. J. Pharm. Sci. Rev. Res*. 31(1), 42–51.

5. Koneva, S.I. (2016). Features of the use of flax seed processing products in the production of bakery products. *Polzunovsky vestnik*. 3, 35–38. (In Russ.).

6. Goyal, A., Sharma, V., Upadhyay, N., Gill, S., Sihag M. (2014). Flax and flaxseed oil. An ancient medicine & modern functional food. *Journal of food science and technology*. 51 (9), 1633–1653.

7. FAO (2017). FAOSTAT-Crops. Food and Agricultural Organization of the United Nations. Retrieved from <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>.

8. Kajla, P., Sharma, A., Sood, D.R. (2015). Flaxseed-a potential functional food source. *Journal of food science and technology*. 52 (4), 1857–1871.

9. Ganorkar, P.M. and Jain, R.K. (2013). Flaxseed – a nutritional punch. *International Food Research Journal*. 20(2), 519–525.

10. Nitrayová, S., Brestenský, M., Heger, J., Patráš, P., Rafay, J. and Sirotkin, A. (2014). Amino acids and fatty acids profile of chia (*Salvia hispanica* L.) and flax (*Linum usitatissimum* L.) seed. *Potravinárstvo Scientific Journal for Food Industry*. 8(1), 72–76.

11. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. FAOSTAT. (2015). Retrieved from <https://www.scribd.com/doc/217139078/Organizacion-de-las-Naciones-Unidas-para-la-agricultura>.

12. Mixed feed, feed raw materials. Determination of the content of amino acids (lysine, methionine, threonine, cystine and tryptophan) by capillary electrophoresis (with Correction). (2012). *HOST 31480-2012. from 1 July 2012*. Moscow: Standarts Publishing House. (In Russ.).

13. Feed, premixes. Determination of the content of lysine, methionine and threonine. (2015). *HOST 33428-2015 (ISO 17180:2013). from 1 January 2015*. Moscow: Standarts Publishing House. (In Russ.).

14. Feed, compound feed, feed raw materials. Determination of proteinogenic amino acids by capillary electrophoresis. (2013). *HOST R 55569-2013. from 1 July 2013*. Moscow: Standarts Publishing House. (In Russ.).

15. Food products. Determination of the content of vitamin E (α -, β -, γ -, σ -tocopherols) by high-performance liquid chromatography. (2014). *HOST EN 12822-2014 from 1 January 2014*. Moscow : Standarts Publishing House. (In Russ.).

16. Premixes. Determination of the content of vitamins: B1 (thiamine chloride), B2 (riboflavin), B3 (pantothenic acid), B5 (nicotinic acid and nicotinamide), B6 (pyridoxine), Bc (folic acid), C (ascorbic acid) by capillary electrophoresis. (2012). *HOST 31483-2012. from 1 July 2012*. Moscow : Standarts Publishing House. (In Russ.).

17. Food products. Method for determining iron. (2010). *HOST 26928-86. from 1 July 1988*. Moscow : Standarts Publishing House. (In Russ.).

18. Food products. Determination of vitamin A content by high-performance liquid chromatography. Part 2. Measurement of beta-carotene content. (2017). *HOST EN 12823-2-2014. from 1 July 2017*. Moscow : Standarts Publishing House. (In Russ.).

19. Seeds of oilseeds. Determination of the impurity content. (2017). *HOST R ISO 658-2013. from 1 July 2017*. Moscow: Standarts Publishing House. (In Russ.).

20. Filippova, G.G., Smolich, I.I. (2004). Biochemistry of plants. Methodological recommendations for laboratory classes, tasks for independent work of students. Minsk: BSU. P. 60. (In Russ.).

21. Singh, K.K., Mridula, D., Rehal, J., Barnwal, P. (2011). Flaxseed. A potential source of food, feed and fiber. *Critical reviews in food science and nutrition*. 51 (3), 210–222.

22. Bhatti, R.S. Nutrient Composition of Whole Flaxseed and Flaxseed Meal, in Flaxseed in Human

Nutrition. (1995). 1stedn.edited by Cunnane S.C.; Thompson L.U. (Hrsg.). Champaign: AOCS Press. 22–42.

23. Morris D.H. Flax – A Health and Nutrition Primer. Flax Council of Canada. (2007). Retrieved from <http://www.flaxcouncil.ca/resources/nutrition/technical-nutrition-information/flax-a-health-and-nutrition-primer>.

Information about the authors

M. A. Bolgova – student of the Department of Fats Technologies, Processes and Apparatus for Chemical and Food Production, Voronezh State University of Engineering Technologies.

N. L. Kleymenova – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Quality Management and Technology of Aquatic Bioresources of the Voronezh State University of Engineering Technologies.

I. N. Bolgova – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Fats Technologies, Processes and Apparatus for Chemical and Food Production, Voronezh State University of Engineering Technologies.

M. V. Kopylov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Fats Technologies, Processes and Apparatus for Chemical and Food Production, Voronezh State University of Engineering Technologies.

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare that there is no conflict of interest.*

Статья поступила в редакцию 25.07.2021; одобрена после рецензирования 15.09.2021; принята к публикации 17.09.2021.

The article was received by the editorial board on 25 July 21; approved after editing on 15 Sep 21; accepted for publication on 17 Sep 21.



Научная статья

05.18.01 – Технология обработки, хранения и переработки злаковых, бобовых культур, крупяных продуктов, плодоовощной продукции и виноградарства (технические науки)

УДК 663.83:664.144

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.03.003

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭКСТРАКТОВ ЛЕКАРСТВЕННО-ТЕХНИЧЕСКОГО СЫРЬЯ В РЕЦЕПТУРАХ ДЕСЕРТНЫХ ЛИКЕРОВ И ЛИКЕРНЫХ НАЧИНОК КОНФЕТ И КАРАМЕЛИ

Елена Юрьевна Егорова ¹, Алина Юрьевна Ткачева ²,
Денис Александрович Шохин ³

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, Барнаул, Россия

¹ egorovaeyu@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4990-943X>

² tkacheva1999@mail.ru

³ dzpsss3@gmail.com

Аннотация. К современным задачам совершенствования ассортимента напитков и кондитерских изделий относится разработка новых технологических подходов к повышению их пищевой ценности.

Статья посвящена разработке рецептур десертных ликеров и ликерных начинок для конфет и карамели. В качестве основных компонентов авторами предложено использовать водно-спиртовые экстракты лекарственно-технического сырья (травы зверобоя продырявленного) и сиропы из ягод черной смородины и плодов жимолости. Авторами отработаны параметры получения водно-спиртовых экстрактов, при этом установлено, что порядка 40 % от суммы сухих веществ экстрактов составляют дубильные вещества и флавоноиды, для эффективной экстракции которых достаточно гидромодуля 1:15 и 4 суток настаивания сушеного растительного сырья в 45 % (об.) водном растворе этилового спирта при температуре 20–25 °С.

Ликеры готовили смешиванием плодово-ягодных сиропов с полученными экстрактами и 45 % (об.) раствором питьевого этилового спирта. Качество «Жимолостного», «Жимолостного крепкого» и «Смородинового» ликёров оценивали на соответствие требованиям ГОСТ 32071–2013, при этом по содержанию флавоноидов десертные ликёры предлагаемого состава сопоставимы с другими плодово-ягодными ликерами и виноградными винами. На базе рецептур данных десертных ликеров разработаны 3 рецептуры ликерных начинок, различающиеся между собой по крепости и пищевой ценности. Наиболее высоким содержанием флавоноидов отличается «Смородиновая» начинка. По результатам лабораторных испытаний конфеты с ликерными начинками соответствуют требованиям ГОСТ 4570–2014 и, благодаря предлагаемому начинкам, имеют ярко выраженные оригинальные цвет, вкус и аромат и могут выступать дополнительным источником в рационе Р-активных флавоноидов.

Ключевые слова: лекарственно-техническое сырьё, экстракты, полифенолы, десертные ликеры, карамель, конфеты, ликерные начинки, разработка технологии.

Для цитирования: Егорова Е. Ю., Ткачева А. Ю., Шохин Д. А. Использование экстрактов лекарственно-технического сырья в рецептурах десертных ликеров и ликерных начинок конфет и карамели // Ползуновский вестник. 2021. № 3. С. 21–29. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.03.003.

Original article

USE OF EXTRACTS OF MEDICINAL-TECHNICAL RAW MATERIALS IN FORMULATIONS OF DESSERT LIQUEURS AND LIQUEUR FILLINGS OF SWEETS AND CARAMELS

Elena Yu. Egorova ¹, Alina Yu. Tkacheva ², Denis A. Shokhin ³

Polzunov Altai State Technical University, Barnaul, Russia

¹ egorovaeyu@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4990-943X>

² tkacheva1999@mail.ru

³ dzpsss3@gmail.com

Abstract. *The modern tasks of improving the range of beverages and confectionery products include the development of new technological approaches to increasing their nutritional value.*

*The article is devoted to the development of recipes for dessert liqueurs and liqueur fillings for sweets and caramels. As the main components, the authors proposed to use water-alcohol extracts of medicinal-technical raw materials (*Hypericum perforatum* herbs) and syrups from black currant berries and honeysuckle fruits. The authors elaborated the parameters for obtaining water-alcohol extracts. It was found that about 40 % of the sum of the dry substances of the extracts are tannins and flavonoids, for effective extraction of which enough hydromodule of 1:15 and 4 days of infusing dried vegetable raw materials in a 45 % (vol.) aqueous solution of ethyl alcohol at a temperature of 20–25 °C.*

Liqueurs were prepared by mixing berry syrups with the obtained extracts and a 45 % (vol.) solution of drinking ethyl alcohol. The quality of Honeysuckle liqueur, Honeysuckle strong liqueur and Currant-black liqueur evaluated for compliance with the requirements of GOST (all-Union State Standard) 32071–2013, while the content of flavonoids of the dessert liqueurs of the proposed composition is comparable with other berry liqueurs and grape wines. Based on the recipes of these dessert liqueurs, 3 recipes of liqueur fillings were developed, differ in terms of concentration and nutritional value. The Currant liqueur filling is distinguished with the highest content of flavonoids. According to the results of laboratory tests, sweets with liqueur fillings meet the requirements of GOST 4570–2014 and, as a result of the proposed fillings, have a pronounced original color, taste and aroma and can act as an additional source in the diet of P-active flavonoids.

Keywords: *medicinal-technical raw materials, extracts, polyphenols, dessert liqueurs, caramel, sweets, liqueur fillings, technology development.*

For citation: Egorova, E.Yu., Tkacheva, A.Yu. & Shokhin, D.A. (2021). Use of extracts of medicinal-technical raw materials in formulations of dessert liqueurs and liqueur fillings of sweets and caramels. *Polzunovskiy vestnik*, (3), 21-29 (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.03.003.

ВВЕДЕНИЕ

Ликёры – группа ароматизированных алкогольных напитков, отличающихся особо сладким вкусом и вырабатываемых с добавлением сахара, эфирных масел, ароматизаторов, пищевых добавок, с включением экстрактов растений и продуктов переработки плодово-ягодного сырья.

В современной структуре ассортимента реализуемых ликёров примерно четвертая часть приходится на долю десертных [1], использование при производстве которых пряно-ароматического и плодово-ягодного сырья является почти постулатом.

Так, при производстве ликёров традиционно используются разные виды трав. Основным критерием к их использованию в производстве ликёров является наличие компонентов, позволяющих обеспечить желаемые вкусо-ароматические свойства напитков, поскольку многие виды растительного сырья не просто содержат биологически-активные компоненты, а имеют оригинальные, ни с чем несравнимые вкусо-ароматические достоинства, тесно взаимосвязанные с наличием биологически активных веществ.

Кроме того, что ликёры популярны на потребительском рынке, они востребованы в кондитерской отрасли, так как конфеты и карамель с ликёрной начинкой имеют стабиль-

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭКСТРАКТОВ ЛЕКАРСТВЕННО-ТЕХНИЧЕСКОГО СЫРЬЯ В РЕЦЕПТУРАХ ДЕСЕРТНЫХ ЛИКЕРОВ И ЛИКЕРНЫХ НАЧИНОК КОНФЕТ И КАРАМЕЛИ

ный спрос в структуре сахарных кондитерских изделий.

Ликёрная начинка – жидкая либо наполовину закристаллизованная сиропообразная масса на основе сахара и (или) фруктового сырья, и (или) молочного сырья, с массовой долей влаги не более 25 % и содержанием этилового спирта не менее 3 % [2]. При получении ликёрных начинок также может быть использовано лекарственно-техническое растительное сырьё, характеризующееся наличием биологически активных компонентов, например, полифенолов и терпенов. Несмотря на то, что отсутствие таких компонентов в рационе не считается критичным для организма, многие из них выступают в роли антиоксидантов и адаптогенов [3], что определяет их физиологическую ценность и целесообразность введения в состав продуктов питания, включая ликероводочные и кондитерские изделия.

Целью предоставленной работы стала разработка рецептур десертных ликёров и ликёрных начинок для шоколадных конфет и карамели. При выборе основного сырья ориентировались на состав его биологически активных компонентов, сочетаемость между компонентами по органолептическим свойствам, способность обеспечивать требуемые вязкость, крепость и массовую концентрацию сахара в полуфабрикате, наличие направленного физиологического действия.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

На разных этапах работы объектами исследований выступали: экстракты травы зверобоя продырявленного и тимьяна ползучего, сиропы из ягод черной смородины и плодов жимолости, рецептуры десертных ликёров и ликёрных начинок.

Зверобой продырявленный и тимьян ползучий (чабрец, чабер) традиционно используются в производстве настоек и бальзамов. Эти виды растительного сырья активно культивируются в Алтайском крае, относятся к легко возобновляемым видам сырья и заготавливаются в промышленных масштабах, вследствие чего предприятия имеют возможность использовать их всесезонно.

Зверобой продырявленный относится к сырью антиоксидантного действия [4]. Трава и цветки зверобоя содержат 10–12 % дубильных веществ типа катехинов, флавоновые соединения (гиперозид, кверцетин, рутин, кверцитрин, изокверцитрин), эфирное масло, холин, витамины С, Р и РР, каротин и следы алкалоидов [5, 6].

Трава и цветки тимьяна содержат эфирное масло (тимол, цимол, карвакрол, борнеол, цингиберен, терпинен, терпинеол), флавоноиды, дубильные вещества, урсоловую и олеаноловую кислоты, горечи и камеди [7]. Однако повышенное содержание в траве тимьяна специфичного по запаху эфирного масла не позволяет его использовать в качестве монокомпонента ликёров, определяя необходимость комбинирования тимьяна с другими видами растительного сырья.

В связи с вышеизложенным, целью первого этапа экспериментальных исследований стало обоснование технологических параметров получения экстрактов зверобоя обыкновенного и тимьяна ползучего и подбор дополнительных компонентов рецептурной композиции десертных ликёров.

Для многих видов травянистого сырья наиболее эффективным считается проведение экстракции при использовании 45–50 %, реже – 60 % об. этилового спирта; исчерпывающей экстракции достигают в течение 7 и более суток [1, 8, 9]. Несмотря на то, что при увеличении расхода экстрагента повышается и эффективность извлечения биологически активных компонентов, рекомендуется применять гидромодули 1:4–1:5, во избежание неоправданно высокого расхода питьевого этилового спирта и повышения стоимости готовой продукции. Однако для некоторых видов сушеного травянистого сырья величина гидромодуля может достигать и до 1:24 [8]. Поскольку стоимость сушеного лекарственно-технического сырья, как правило, существенно выше стоимости питьевого этилового спирта, целесообразно изучение условий увеличения гидромодуля и коэффициента полезного использования сырья.

Траву зверобоя и чабреца использовали в высушенном состоянии, влажностью 10–15 %. Варьируемыми параметрами при реализации процесса экстракции выступали продолжительность настаивания (1; 2; 3; 4; 5; 6 суток) и гидромодуль травянистого сырья (1:10, 1:15); температуру экстракции поддерживали в пределах от 20 до 25 °С. Измельченное растительное сырьё заливали раствором этилового спирта концентрацией 45 % об. при указанном гидромодуле. Настаивание осуществляли без доступа прямых солнечных лучей, в процессе настаивания экстракционную смесь периодически перемешивали.

Параметры экстракции имеют решающее значение в отношении классов извлекаемых биологически активных компонентов. Прежде всего, водно-спиртовыми растворами

извлекаются соединения фенольной природы, в связи с чем в процессе настаивания оценивали влияние продолжительности экстракции на эффективность перехода в экстракт полифенольных веществ.

Определение показателей, демонстрирующих эффективность экстракции, вели с использованием стандартных методик:

- сумму экстрактивных веществ определяли гравиметрически по ГОСТ 24027.2–80;
- определение флавоноидных соединений – по ГОСТ Р 55312–2012;
- определение суммы дубильных веществ в пересчете на танин проводили по ГОСТ 24027.2–80.

Качество разработанных десертных ликёров оценивали на соответствие требованиям ГОСТ 32071–2013. Органолептические показатели ликёров определяли по ГОСТ 33817–2016, с применением профильного метода анализа. Крепость ликёров, массовую концентрацию общего экстракта, сахара и кислот определяли по ГОСТ 32080–2013: крепость – ареометрическим методом, массовую концентрацию общего экстракта – рефрактометрическим методом, массовую концентрацию сахара – методом прямого титрования, массовую концентрацию кислот – ацидиметрическим методом.

Качество ликерных начинок анализировали в соответствии с методиками следующих НД: органолептические показатели – по ГОСТ 5897–90, массовую долю влаги – гравиметрическим методом по ГОСТ 5900–2014, массовую долю спирта – в соответствии с ГОСТ 5896–51.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На рисунках 1–3 приведены результаты эксперимента, характеризующие зависимости перехода в экстракт дубильных веществ и флавоноидных соединений от продолжительности настаивания.

Порядка 40 % от суммы экстрактивных веществ составляют вещества полифенольной природы – дубильные и флавоноиды. Очевидно, что гидромодуль 1:10 мешает эффективной экстракции дубильных веществ из травы зверобоя: самые высокие результаты по извлечению дубильных веществ отмечены уже на 2-е сутки настаивания, после чего содержание дубильных веществ в экстракте начинает снижаться, в то время как при гидромодуле 1:15 – напротив, повышается в те-

чение 4 суток экстракции, после чего выходит на плато (рисунок 2).

В отличие от дубильных веществ, содержание суммы флавоноидов в экстрактах с увеличением продолжительности настаивания нарастает более медленно, достигая своего максимума также на 4 сутки (рисунок 3). Согласно полученным данным, для эффективной экстракции флавоноидов из травы зверобоя достаточно гидромодуля 1:15; при этом результативность экстракции флавоноидов – примерно такая же, как в варианте с гидромодулем 1:10.

В условиях комбинирования травы зверобоя и тимьяна сумма перешедших в экстракт флавоноидов – несколько ниже, чем в вариантах с моносырьем зверобоя, что объяснимо с учетом биохимического состава рассматриваемого сырья и согласуется с требованиями государственной фармакопеи: по ФС.2.5.0015.15 «Зверобоя трава» для высшего сырья зверобоя регламентируется сумма флавоноидов в пересчете на рутин не менее 1,5 %, в то время как по ФС.2.5.0047.15 «Чабреца трава» сумма флавоноидов должна составлять не менее 0,9 %.

Внешний вид и цвет всех экстрактов свидетельствует об эффективном извлечении веществ полифенольной природы. Запах экстрактов – резкий спиртовой, с характерными ароматами растительного сырья. Вкусовая гамма экстрактов «Зверобой 1:10» и «Зверобой 1:15» подобна: отмечено наличие легкой горечи и характерного вяжущего эффекта. Вкус «Зверобой + чабрец 1:10» по данному признаку схож с образцом «Зверобой 1:15», однако эфирные масла чабреца придают настою резкий горький привкус, который может отрицательно повлиять на органолептику будущего десертного ликера.

В качестве второго основного компонента десертных ликёров использовали сиропы из ягод черной смородины и плодов жимолости. Оба сиропа использованы в качестве инвертного сиропа, богатого полифенольными компонентами и витаминами. Черная смородина – природный источник витаминов С, Р, К₁. Кроме этого, ягоды смородины содержат сахара (4,5–16,8 %), органические и оксикоричные кислоты (2,5–4,5 %), пектины, флавоноиды и антоцианы [10]. Плоды жимолости содержат 4–9 % сахаров, 2–4 % органических кислот, 40–170 мг % витамина С и до 1500 мг % Р-активных веществ, 0,5–1,6 % пектина, витамины В₁, В₂, В₉ и бетаин, который ценится при лечении язвенной болезни [11].

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭКСТРАКТОВ ЛЕКАРСТВЕННО-ТЕХНИЧЕСКОГО СЫРЬЯ В РЕЦЕПТУРАХ ДЕСЕРТНЫХ ЛИКЕРОВ И ЛИКЕРНЫХ НАЧИНОК КОНФЕТ И КАРАМЕЛИ

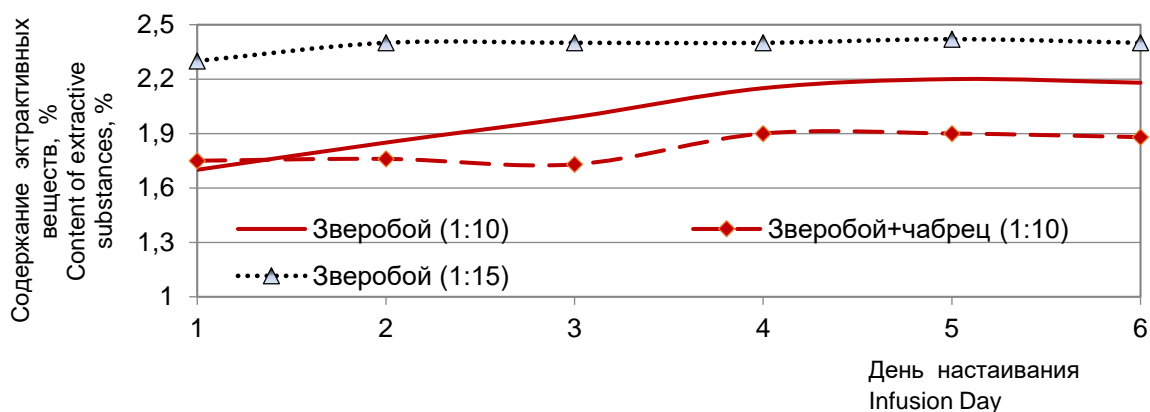


Рисунок 1 – Динамика перехода в экстракт суммы экстрактивных веществ

Figure 1 – Dynamics of the transition of the amount of extractive substances to the extract

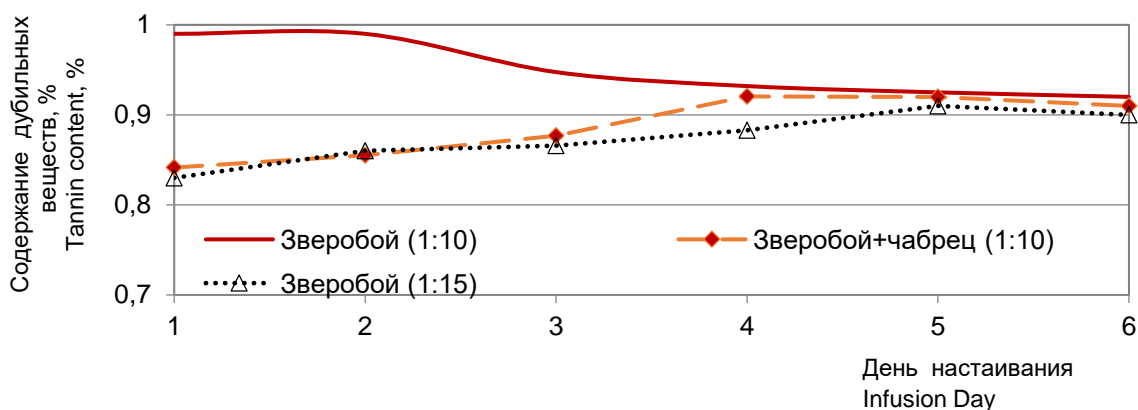


Рисунок 2 – Динамика перехода в экстракт дубильных веществ

Figure 2 – Dynamics of transition of tannins to the extract

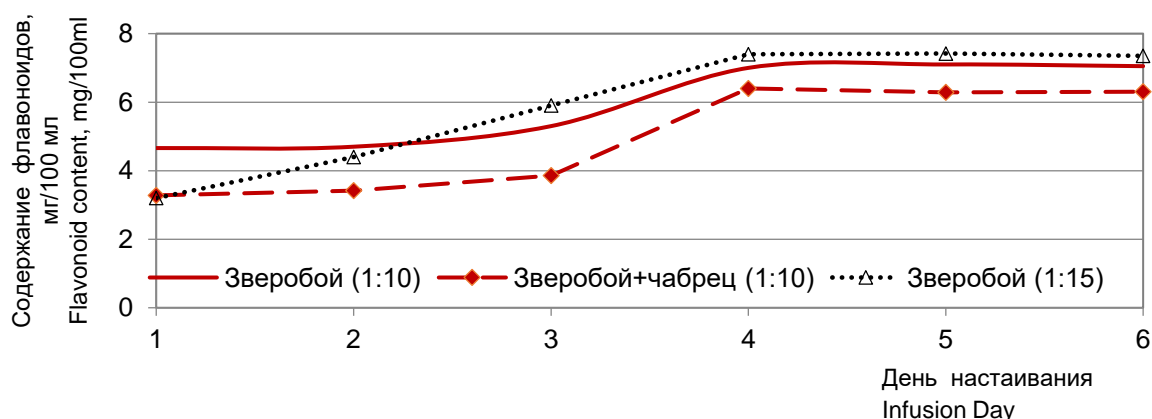


Рисунок 3 – Динамика перехода в экстракт флавоноидных соединений

Figure 3 – Dynamics of the transition of flavonoid compounds to the extract

Для улучшения вкуса и консистенции ликеров на предприятиях отрасли используются инвертный сахарный сироп и специализиро-

ванные загустители – пектины, камеди, агароиды; лучшими считаются пектины. В нашем случае функцию загущения напитков должны

выполнять пектины используемых сиропов, в которых инверсия сахара протекает за счет собственных органических кислот.

С учетом высокого содержания полифенольных компонентов, добавления сахарного колера не потребуется – цвет ликеров будет обеспечен полифенольными соединениями компонентов купажа.

Ликеры готовили смешиванием плодово-ягодных сиропов с водно-спиртовыми экстрактами зверобоя (1:15), с последующим разведением полученной композиции 45 % об. раствором питьевого этилового спирта.

В составе водно-спиртовых извлечений травы зверобоя, ягод черной смородины и плодов жимолости основными флавоноидами являются кверцетин и рутин [12, 13], в связи с чем определение содержания флавоноидов в составе исходного сырья (таблица 1), сиропов и десертных ликеров осуществляли в пересчете на рутин.

Приготовленные ликеры имеют следующие характеристики. Ликёр «Жимолостный» – насыщенного темно-бордового цвета, с присутствием взвешенных частиц плодов, со вкусом жимолости, запах – легкий, с оттенком зверобоя. Ликёр «Жимолостный крепкий» – такой же по внешнему виду, со вкусом жимолости, запах – сложный, с оттенками зверобоя и этилового спирта. Ликёр «Смородиновый» – насыщенного бордового цвета, вкус – выраженный, черной смородины, с запахом ягод и зверобоя.

Согласно результатам физико-химических испытаний, содержание в ликерах дубильных веществ уменьшается в ряду: «Жимолостный» > «Жимолостный крепкий» > «Смородиновый». Содержание флавоноидов в ликерах уменьшается в ряду: «Смородиновый» > «Жимолостный» > «Жимолостный крепкий» (таблица 2).

Таблица 1 – Основные физико-химические характеристики сырья для ликёров и ликёрных начинок

Table 1 – The main physical-chemical characteristics of raw materials for liqueurs and liqueur fillings

Наименование показателя	Значение показателя / Сырьё			
	Экстракт зверобоя (1:15)	Сироп из черной смородины	Сироп из жимолости	Патока крахмальная
Плотность, г/см ³	1,050	1,227	1,265	1,4139
Сумма сухих веществ, %	2,3	64,4	68,4	80,0
Дубильные вещества, %	0,9	0,8	2,2	–
Флавоноиды, мг/100 г	7,3	128	112	–
Массовая доля сахара, %	0	62	65	63

Таблица 2 – Основные физико-химические характеристики десертных ликёров и ликёрных начинок

Table 2 – The main physical-chemical characteristics of liqueurs and liqueur fillings

Наименование показателя	Значение показателя					
	Десертные ликеры			Ликерные начинки		
	«Жимолостный»	«Жимолостный крепкий»	«Смородиновый»	«Жимолостная»	«Жимолостная крепкая»	«Смородиновая»
Плотность, г/см ³ , ±0,02	1,117	1,102	1,062	1,355	1,352	1,344
Крепость, %, ± 0,5	15,0	16,9	16,9	3,5	3,8	3,8
Массовая концентрация общего экстракта (сухих веществ), г/100 см ³ , ±0,2	49,5	46,9	48,0	77,9	77,4	77,6
Массовая концентрация сахара, г/100 см ³ , ± 0,5	43,3	38,8	40,6	44,7	44,0	44,3
Массовая концентрация кислот, г/100 см ³ , ± 0,05	0,50	0,30	0,40	–	–	–
Дубильные вещества, %	1,2	1,0	0,7	0,25	0,20	0,14
Флавоноиды, мг/100 г	96	86,4	102,4	19,2	17,3	20,5

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭКСТРАКТОВ ЛЕКАРСТВЕННО-ТЕХНИЧЕСКОГО СЫРЬЯ В РЕЦЕПТУРАХ ДЕСЕРТНЫХ ЛИКЕРОВ И ЛИКЕРНЫХ НАЧИНОК КОНФЕТ И КАРАМЕЛИ

Таблица 3 – Данные по содержанию полифенольных веществ в десертных ликёрах через 2 месяца хранения

Table 3 – The content of polyphenolic substances in dessert liqueurs after 2 months of storage

Показатель	Ликёр / значение показателя		
	«Жимолостный»	«Жимолостный крепкий»	«Смородиновый»
Дубильные вещества, %	1,04	0,96	0,44
Флавоноиды, мг/100 г	44,8	46,4	51,2

По этому показателю десертные ликёры предлагаемого состава сопоставимы с другими плодово-ягодными ликерами и виноградными винами, содержание флавоноидов в которых может варьировать в пределах от 18 до 132 мг/л [14].

По истечении 2 месяцев содержание флавоноидов и дубильных веществ в ликерах несколько снижается (таблица 3). Следовательно, производство начинки на основе данных десертных ликёров целесообразно реализовать сразу после приготовления ликера.

Для достижения необходимой консистенции ликерных начинок в десертные ликеры разработанных рецептур вводили патоку до массовой доли влаги 22,1...22,6 %. На базе рецептур десертных ликеров разработаны 3 рецептуры ликерных начинок, различающиеся между собой по крепости, дегустационным достоинствам и пищевой ценности. «Смородиновая» начинка отличается несколько более высоким содержанием флавоноидов (таблица 2).

Для приготовления корпуса конфет с ликерными начинками разработанного состава использовали «Шоколад Бабаевский горький 58,5 % какао». Шоколад расплавляли на водяной бане при температуре 60–70 °С и заливали в силиконовые формы с последующим быстрым охлаждением до температуры 25±2 °С. Полученные шоколадные корпуса

заполняли ликерной начинкой, охлаждали при температуре 8±1 °С, завершали формирование корпуса с нижней стороны конфет и вновь охлаждали до полной потребительской готовности, после чего вынимали из форм.

Полученные конфеты имеют ярко выраженные оригинальные вкус и аромат. Отсутствуют посторонние и не свойственные шоколадным конфетам запах и вкус. Форма – ровная, без признаков деформации и повреждений (рисунок 4).

Наиболее приятной консистенцией обладают конфеты с «Жимолостной начинкой» (рисунок 5). Данный образец отличается от остальных самым гармоничным вкусом, насыщенным ягодным вкусом с шоколадным привкусом; при раскусывании начинка не выливается из конфеты. Конфеты с начинками «Жимолостная» и «Смородиновая» имели жидковатую консистенцию и менее выраженный ягодный аромат и вкус.

По результатам физико-химических испытаний конфеты с ликерными начинками всех трех вариантов полностью соответствуют требованиям ГОСТ 4570–2014: массовая доля влаги – не более 25 %, при норме по массовой доле алкоголя не менее 3 % значение этого показателя варьирует от 3,2 в конфетах с начинками «Жимолостная» и «Смородиновая» до 5 % в конфетах с начинкой «Жимолостная крепкая».



Рисунок 4 – Образцы ликерных конфет:
1 – «Жимолостная начинка»; 2 – «Жимолостная крепкая начинка»; 3 – «Смородиновая начинка»

Figure 4 – Samples of liqueur sweets:
1 – Honeysuckle filling; 2 – Honeysuckle strong filling; 3 – Black currant filling

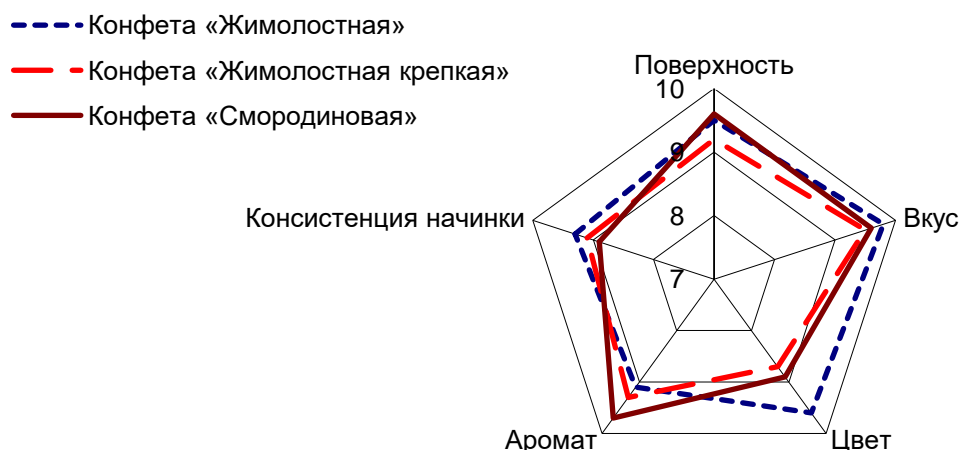


Рисунок 5 – Профилограмма органолептической оценки ликёрных конфет

Figure 5 – Organoleptic evaluation profile of liqueur sweets

Начинки разработанной рецептуры не могут обеспечить перевод начинаемых ими конфет и карамели в категорию функциональных продуктов, тем не менее они способны выступать дополнительным источником Р-активных флавоноидов в ежедневном рационе.

ВЫВОДЫ

Таким образом, разработаны рецептуры десертных ликеров и ликерных начинок для шоколадных конфет и карамели. Проведена органолептическая и инструментальная оценка качества новых видов продукции, подтверждающая целесообразность внедрения новых рецептур в промышленное производство.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Батурина, А.А. Разработка технологии и товароведная характеристика ликеров из растительного сырья Дальневосточного региона: дисс ... канд. техн. наук. Владивосток, 2017. 201 с.
2. Румянцева, В.В. Технология кондитерского производства : учеб. пособие. Орел: ОрелГТУ, 2009. 141 с.
3. Влияние флавоноидов на экспрессию генов человека / Р.А. Зайнуллин [и др.] // Вестник Башкирского университета. 2018. Т. 23. № 2. С. 395–405.
4. Ширяева, О.Ю., Шукшина, С.С. Содержание фенольных соединений в лекарственном растительном сырье // Известия Оренбургского ГАУ. 2016. № 6. С. 213–215.
5. Школьников, М.Н., Егорова, Е.Ю. Товароведно-технологическая характеристика растительного сырья, используемого в производстве баль-

замов и БАД : учеб. пособие. Бийск : Изд-во АлтГТУ, 2009. 160 с.

6. Постраш, И.Ю. Трава зверобоя продырявленного: химический состав, свойства, применение // Вестник АПК Верхневолжья. 2021. № 1. С. 57–63. DOI 10.35694/YARCX.2021.53.1.010.

7. Суханов, А.Е. Количественный фармацевтический и фармакопейный анализы лекарственных веществ и фармацевтического сырья. Москва: КолосС, 2002. 408 с.

8. Благодрава, М.В. Разработка технологии водно-спиртовых экстрактов из растительного сырья Камчатского края // Вестник КамчатГТУ. 2019. № 50. С. 22–30.

9. Егорова, Е.Ю., Мороженко, Ю.В. Методические подходы к разработке и оценке качества новых напитков группы «Дистилляты». Часть 1. Разработка технологии нового напитка // Ползуновский вестник. 2016. № 3. С. 4–8.

10. Пищевые и лекарственные свойства культурных растений / В.Н. Наумкин [и др.]. Санкт-Петербург : Лань, 2015. 400 с.

11. Ягодные культуры / В.В. Даньков [и др.]. Санкт-Петербург : Лань, 2015. 192 с.

12. Зимица, Л.Н., Куркин, В.А., Рыжов, В.М. Исследование флавоноидного состава травы зверобоя пятнистого методом высокоэффективной жидкостной хроматографии // Медицинский альманах. 2012. № 2 (21). С. 227–229.

13. Баяндина, И.И. Морфология и продуктивность *Hypericum perforatum* при выращивании в различных регионах Западной Сибири / И.И. Баяндина [и др.] // Современная фитоморфология: Труды БГУ. 2013. Т. 8. Часть 2. С. 49–52.

14. Теречик, Л.Ф. Определение методом ВЭЖХ содержания фенольных соединений в ягодах, плодах, плодово-ягодных винах и ликерах // Пищевая и перерабатывающая промышленность. Реферативный журнал. 2002. № 4. С. 1311.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭКСТРАКТОВ ЛЕКАРСТВЕННО-ТЕХНИЧЕСКОГО СЫРЬЯ В РЕЦЕПТУРАХ ДЕСЕРТНЫХ ЛИКЕРОВ И ЛИКЕРНЫХ НАЧИНОК КОНФЕТ И КАРАМЕЛИ

Информация об авторах

Е. Ю. Егорова – доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой технологии хранения и переработки зерна Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова.

А. Ю. Ткачева – студентка направления подготовки «Продукты питания из растительного сырья» кафедры технологии хранения и переработки зерна Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова.

Д. А. Шохин – студент направления подготовки «Продукты питания из растительного сырья» кафедры технологии хранения и переработки зерна Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова.

REFERENCES

1. Baturina, A.A. (2017). Development of technology and commodity characteristics of liqueurs from vegetable raw materials of the Far Eastern region: of candidate's dissertation. Vladivostok (In Russ.).
2. Romyanceva, V.V. (2009). Technology of confectionery production: training manual. Orel: OrelGTU (In Russ.).
3. Zajnullin, R.A. [et al.]. (2018). Effect of flavonoids on expression of human genes. *Vestnik Bashkirskogo universiteta*, (2), 395–405 (In Russ.).
4. Shiryayeva, O.Yu. & Shukshina, S.S. (2016). The content of phenolic compounds in medicinal plant raw materials. *Izvestiya Orenburgskogo GAU*, (6), 213–215 (In Russ.).
5. Shkol'nikova, M.N. & Egorova, E.Yu. (2009). Commodity and technological characteristic of plant raw materials used in the production of balms and dietary supplements: training manual. Bijsk: Izd-vo AltGTU (In Russ.).
6. Postrash, I.Yu. (2021). St. John's wort herb: chemical composition, properties, application. *Vestnik APK Verxnevolzh'ya*, (1), 57-63. DOI 10.35694/YARCX.2021.53.1.010 (In Russ.).
7. Suxanov, A.E. (2002). Quantitative pharmaceutical and pharmacopoeia analyses of medicinal

substances and pharmaceutical raw materials. Moskva: KolosS (In Russ.).

8. Blagonravova, M.V. (2019). Development of water-alcohol extracts technology from vegetable raw materials of kamchatsky krai. *Vestnik Kamchat GTU*, (50), 22–30 (In Russ.).

9. Egorova, E.Yu. & Morozhenko, Yu.V. (2016). Methodological approaches to the development and evaluation of the quality of new beverages of the Distillates group. Part 1. Development of a new beverage technology. *Polzunovskij vestnik*, (3), 4–8 (In Russ.).

10. Naumkin, V.N. [et al.]. (2015). Nutritional and medicinal properties of cultivated plants. Sankt-Peterburg: Lan` (In Russ.).

11. Dan`kov, V.V. [et al.]. (2015). Berry crops. Sankt-Peterburg: Lan` (In Russ.).

12. Zimina, L.N., Kurkin, V.A. & Ry`zhov, V.M. (2012). Study of the flavonoid composition of St. John's wort herb by high-performance liquid chromatography. *Medicinskij al'manax*, (2), 227–229 (In Russ.).

13. Bayandina, I.I. [et al.]. (2013). Morphology and productivity of *Hypericum perforatum* in cultivation in various regions of Western Siberia. *Modern phytomorphology: Works BGU*, (2), 49–52 (In Russ.).

14. Terechik, L.F. (2002). Determination by HPLC of the content of phenolic compounds in berries, fruits, fruit and berry wines and liqueurs. *Food and processing industry. Abstract journal*, (4), 1311 (In Russ.).

Information about the authors

E. Yu. Egorova – Doctor of Technical Sciences, associate professor, Head of the Department of Grain Storage and Processing Technology, Polzunov Altai State Technical University.

A. Yu. Tkacheva – student of the training course 'Food products from vegetable raw materials' of the Department of Grain Storage and Processing Technology, Polzunov Altai State Technical University.

D. A. Shokhin – student of the training course 'Food products from vegetable raw materials' of the Department of Grain Storage and Processing Technology, Polzunov Altai State Technical University.

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare that there is no conflict of interest.*

Статья поступила в редакцию 20.07.2021; одобрена после рецензирования 10.09.2021; принята к публикации 17.09.2021.

The article was received by the editorial board on 20 July 21; approved after editing on 10 Sep 21; accepted for publication on 17 Sep 21.



Научная статья

05.18.01 – Технология обработки, хранения и переработки злаковых, бобовых культур, крупяных продуктов, плодоовощной продукции и виноградарства (технические науки)

УДК 663.031

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.03.004

ИССЛЕДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА СОКА ИЗ ПЛОДОВ МЕЛКОПЛОДНЫХ ЯБЛОНЬ, ПРОИЗРАСТАЮЩИХ НА ТЕРРИТОРИИ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ

Денис Александрович Кох

Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск, Россия
dekoch@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3047-1386>

Аннотация. В статье рассмотрена оценка и сравнительный анализ качества сока из плодов мелкоплодных яблонь различных сортов, произрастающих на территории Красноярского края. Плоды мелкоплодных яблонь значительно мельче, чем плоды яблонь культурных сортов, выращенных в Красноярском крае, но они отличаются своей морозостойкостью и обильным ежегодным плодоношением. Сибирские сорта кислые и терпкие на вкус. Плоды яблочки являются естественным источником соединений с антиоксидантными свойствами. На химический состав яблочного сока влияет множество факторов, включая свойства сырья и технологии обработки. Качество соков из плодов мелкоплодных яблонь представляет первостепенный интерес не только для потребителей, но и для всех участников всей производственной цепочки по разработке продуктов функционального назначения. Проведен химический анализ изучаемых соков, который включал несколько параметров: содержание растворимых сухих веществ, сахарозы, глюкозы и фруктозы, pH, кислотность, общее количество фенольных соединений, формольное число. Эти параметры влияют на пищевую ценность, сенсорные свойства и полезную для здоровья функцию яблочного сока. Результаты проведенных исследований подтверждают то, что содержание растворимых сухих веществ является хорошим индикатором содержания сахара в плодах мелкоплодных яблонь и, предположительно, сладости. Сахар, органические кислоты и фенольные соединения способствуют аромату яблочного сока. Установлено, что соки из плодов мелкоплодных яблонь могут войти в категорию яблочных соков на основе их химических характеристик для дальнейшего изучения и применения в пищевом производстве.

Ключевые слова: плоды, мелкоплодные яблочки, Греза, Добрыня, Пурпуровая, Фонарик, сок, химические характеристики соков.

Для цитирования: Кох, Д. А. Исследование химического состава сока из плодов мелкоплодных яблонь, произрастающих на территории Красноярского края // Ползуновский вестник. 2021. № 3. С. 30–34. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.03.004.

Original article

RESEARCH OF CHEMICAL COMPOSITION OF JUICE FROM FRUITS OF SMALL-FRUITED APPLE TREES GROWING IN TERRITORY OF KRASNOYARSK KRAI

Denis A. Koch

Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russia
dekoch@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3047-1386>

Abstract. *The article considers the assessment and comparative analysis of the quality of juice from the fruits of small-fruited apple trees of various varieties growing on the territory of the Krasnoyarsk Krai. The fruits of small-fruited apple trees are much smaller than the fruits of apple cultivars grown in the Krasnoyarsk Krai, but they are distinguished by their frost resistance and abundant annual fruiting. Siberian varieties are sour and tart in taste. Apple fruits are a natural source of compounds with antioxidant properties. The chemical composition of apple juice is influenced by many factors, including the properties of the raw materials and processing technologies. The quality of juices from fruits of small-fruited apple trees is the primary interest not only for consumers, but also for all participants in the entire production chain for the development of functional products. A chemical analysis of the studied juices was carried out. Analysis included several parameters: the content of soluble solids, sucrose, glucose and fructose, pH, acidity, the total amount of phenolic compounds, and the formal number. These parameters affect the nutritional value, sensory properties and health benefits of apple juice. Based on the results of the studies, we carried out confirm that the content of soluble solids is a good indicator of the sugar content in fruits of small-fruited apple trees and, presumably, sweetness. Sugar, organic acids and phenolic compounds contribute to the apple flavor. It was established that juices from fruits of small-fruited apple trees can enter the category of apple juices on the basis of their chemical characteristics for further study and use in food production.*

Keywords: *fruits, small-fruited apples, Greza, Dobrynya, Purple, Flashlight, juice, chemical characteristics of juices.*

Для цитирования: Koch, D. A. (2021). Research of chemical composition of juice from fruits of small-fruited apple trees growing in territory of Krasnoyarsk krai. *Polzunovskiy vestnik*, (3), 30-34. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.03.004.

Современная пищевая промышленность не могла бы развиваться без производства новых продуктов, которые могут не только снижать риск некоторых заболеваний, но и способствовать укреплению здоровья. Потребители ценят то сырье, которое им известно и нравится, но все больше осознают влияние на здоровье продуктов питания, произведенных с использованием нового и менее используемого сырья [1].

При общем дефиците витаминов в питании сибирских жителей плоды мелкоплодных яблок могут служить источником ценных биологически активных веществ. Известно, что полифенольные соединения яблок, в первую очередь флавоноиды, обладают высокой антиоксидантной активностью и могут участвовать в регуляции физиологических функций человеческого организма, они обладают ярко выраженным противовоспалительным, про-

тивоопухолевым и гипогликемические эффекты, а также могут укреплять стенки сосудов и снижать уровень глюкозы в крови. Кроме того, комбинированное действие флавоноидов может дополнять и усиливать их влияние. Многие из преимуществ яблок связаны с присутствием ферментов и флавоноидов, а фрукты являются источником пектина как богатейшего источника волокон, которые можно использовать в качестве носителя катализатора или биосорбента для восстановления тяжелых металлов. Яблочный сок – один из самых популярных продуктов в мире [2–4].

Яблоки играют очень важную роль в пищевой промышленности и являются одним из фруктов, широко выращиваемых во всем мире. Все большую популярность приобретают старые, почти забытые сорта мелкоплодных яблонь, для которых характерна сочная, нежная, кисло-сладкая мякоть. Эти плоды

также богаты питательными веществами, положительно влияющими на человеческий организм. Кроме того, мелкоплодные яблоки являются естественным и богатым источником соединений с антиоксидантными свойствами (фенолов). На химический состав яблочного сока сильно влияет множество факторов, включая свойства сырья (например, зрелость, сорт, регион выращивания, методы выращивания, климат, устойчивость к вредителям, хранение условий и др.) и технологии обработки [5].

Плоды мелкоплодных яблонь значительно мельче, чем плоды яблонь, но они отличаются своей морозостойкостью и обильным ежегодным плодоношением. Сибирские сорта кисловатые и терпкие на вкус. Но, по сравнению с крупными плодами яблонь, в плодах мелкоплодных яблонь содержится больше биологически активных веществ и витаминов [6].

При изучении соков использовались многомерные методы классификации соков по сорту яблони на основе их полифенольного состава для корреляции аналитических и сенсорных данных, для сравнения химический состав соков различной обработки из разных сортов яблок. Качество соков из плодов мелкоплодных яблонь должно представлять первостепенный интерес не только для потребителей, но и для всех участников всей производственной цепочки по разработке продуктов функционального назначения [7–10].

Целью этого исследования было оценить и сравнить качество сока из плодов мелкоплодных яблонь различных сортов, произрастающих на территории Красноярского края. Химический анализ изучаемых соков включал несколько параметров: общее содержание растворимых сухих веществ, сахаразы, глюкозы и фруктозы, pH, кислотность, общее количество фенольных соединений, формальное число. Формальное число характеризует содержание в соке свободных аминокислот. Формальное число не нормируется стандартами, но диапазоны его варьирования указаны в Своде правил, и это относится к тем идентификационным показателям, которые трудно подделать, а значит именно эти показатели можно использовать для установления подлинности соковой продукции. Эти параметры влияют на пищевую ценность, сенсорные свойства и полезную для здоровья функцию яблочного сока.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектами исследования являлись соки, которые были получены из плодов мелкоплодных яблонь следующих сортов:

Образец 1 – Греза.

Образец 2 – Добрыня.

Образец 3 – Пурпуровая.

Образец 4 – Фонарик.

Для проведения анализа химического состава использовали титриметрические, фотометрические, спектрофотометрические методы анализа по стандартным методикам: растворимые сухие вещества, сахара – по ГОСТ ISO 2173-2013; титруемая кислотность – по ГОСТ ISO 750-2013, измерения pH проводили с использованием pH-метра; общее содержание фенольных соединений определяли на измерении оптической плотности продукта реакции при 765 нм, которое используется для количественной оценки восстановления реагента Folin–Ciocalteu; формальное число проводили методом формального титрования (метод Серенсена) ГОСТ Р 51122–97 [1, 3, 11].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе исследования химических характеристик сока из плодов мелкоплодных яблонь, были подвергнуты анализу 4 образца химический состав которых представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Химические характеристики образцов соков из плодов мелкоплодных яблонь

Table 1 – Chemical characteristics of samples of juices from fruits of small-fruited apples

Показатель	Номер образца			
	1	2	3	4
1	2	3	4	5
Растворимые сухие вещества, %	12,4	11,9	12,2	12,6
Сахароза (г/л)	19,1	20,8	27,4	37,5
Глюкоза (г/л)	24,9	31,1	39,5	25,4
Фруктоза (г/л)	60,5	62,2	60,4	62,1
pH	3,1	3,4	3,8	4,1
Титруемая кислотность, (г/дм ³)	11,1	10,6	9,8	8,2

ИССЛЕДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА СОКА ИЗ ПЛОДОВ МЕЛКОПЛОДНЫХ ЯБЛОНЬ, ПРОИЗРАСТАЮЩИХ НА ТЕРРИТОРИИ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ

Продолжение таблицы 1 / Table 1, cont.

1	2	3	4	5
Общие фенолы (мг/л)	389	231	285	459
Формольное число, мл 0,1 М NaOH / 100 мл	3,5	5,0	6,2	7,1

Исследуемые образцы соков существенно различались по химическому составу. Характеристики соков из плодов мелкоплодных яблонь соответствовали требованиям ГОСТ Р 702.1.003-2020. Значения химических параметров существенно различались в пределах каждого образца сока. Соки из плодов мелкоплодных яблонь обладают самыми разнообразными химическими свойствами. Самое высокое содержание общего количества сухих веществ было отмечено в образцах 1 и 4, среднее значение было значительно выше, чем для образцов 2, 3. Состав отдельных сахаров также варьировался в зависимости от образца сока из плодов мелкоплодных яблонь. В образце 4 было отмечено самое высокое содержание сахарозы, образец 3 имел промежуточное значение, а образцы 1 и 2 – самое низкое. Концентрация глюкозы во всех образцах сока была неоднородной. В образце 3 было отмечено самое высокое содержание сахарозы, образец 2 имел промежуточное значение, а образцы 1 и 4 – самое низкое. Содержание фруктозы в исследуемых образцах сока из плодов мелкоплодных яблонь достоверно не различается. Все образцы соков показали одинаковые значения по титруемой кислотности и некоторые различия в значениях pH. Образцы 1 и 4 имели значительно более высокое содержание полифенолов, чем образцы 2 и 3, что может быть связано со спецификой сорта плодов мелкоплодных яблонь.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование выявило, что содержание растворимых сухих веществ является хорошим индикатором содержания сахара в плодах мелкоплодных яблонь и, предположительно, сладости. Сахар, органические кислоты и фенольные соединения способствуют аромату яблок. В целом результаты показывают, что соки из плодов мелкоплодных яблонь могут войти в категорию яблочных соков на основе их химических характеристик для дальнейшего изучения и применения в пищевом производстве.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Макарова Н.В., Валиулина Д.Ф. Анализ химического состава и антиоксидантных свойств яблок различных сортов // Пищевая промышленность. 2013. № 3. С. 32–35.
2. Classification of apple fruits according to their maturity state by the pattern recognition analysis of their polyphenolic compositions/ R.M.A. Salces [et al.] // Food Chemistry. 2005. Vol. 93. № 1. P. 113–123.
3. Казанцева М.А. Анализ качества соков из яблок разных сроков хранения // Пиво и напитки. 2010. № 3. С. 48–49.
4. Кох Д.А., Типсина Н.Н., Кох Ж.А. Способы переработки мелкоплодных яблок в пюре // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2016. № 3. С. 67–73.
5. Борисенко М.В., Кох Д.А. Использование полуфабриката из мелкоплодных яблок в производстве ржано-пшеничного хлеба // Инновационные тенденции развития российской науки. 2016. С. 3–5.
6. Типсина Н.Н., Кох Д.А. Модель изменения физико-химических показателей плодов мелкоплодных яблонь в зависимости от срока хранения // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2013. № 3. С. 148–151.
7. Еремеева Н.Б., Макарова Н.В. Изучение влияния предварительной обработки плодов и ягод ферментными препаратами на выход и антиоксидантную активность экстрактов // Вестник КамчатГТУ. 2018. № 43. С. 55–59.
8. Sun T., Powers J.R., Tang J. Evaluation of the antioxidant activity of asparagus, broccoli and their juices // Food Chemistry. 2007. Vol. 105. № 1. P. 101–106.
9. Юрченко Л.А. Приготовление плодово-ягодных соков и вин : монография. Минск : Экопресс, 1991. 126 с.
10. Белокурова Е.С., Панкина И.А. Экспериментальное исследование фруктовых соков // Развитие технических наук в современном мире: материалы Международной научно-практической конференции. Воронеж, 2016. С. 70–72.
11. Quality measurement of intact and fresh-cut slices of Fuji, Granny Smith, Pink Lady and GoldRush apples / A.R. Saftner [et al.] // J. Food Science. 2005. Vol. 70. № 5. P. S315–S324.

Информация об авторах

Д. А. Кох – к.т.н., доцент кафедры технологии хлебопекарного, кондитерских и макаронных производств ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет».

REFERENCES

1. Makarova, N.V. & Valiulina, D.F. (2013). Analysis of the chemical composition and antioxidant properties of apples of various varieties. *Food Industry*. (3), 32-35. (In Russ).
2. Alonso-Salces, R.M., Latorre, C.H., Barranco, A. & Berrueta, L.A. (2005). Classification of apple fruits according to their maturity state by the pattern

recognition analysis of their polyphenolic compositions. *Food Chemistry*, 93(1), 113-123.

3. Kazantseva, M.A. (2010). Analysis of the quality of juices from apples of different shelf life. *Beer and drinks*, (3), 48–49. (In Russ).

4. Koch, D.A., Tipsin, N.N. & Koch, Zh.A. (2016). Methods for processing small-fruited apples in puree. *Bulletin of the Krasnoyarsk State Agrarian University*, (3), 67-73. (In Russ).

5. Borisenko, M., Koch, D.A. (2016). Use of semi-finished product from small-fruited apples in the production of rye-wheat bread. *Innovative trends in the development of Russian science*. (In Russ).

6. Tipsina, N.N. & Koch, N.N. (2013). Model of changes in physical and chemical parameters of small-fruited apple trees depending on the shelf life. *Bulletin of the Krasnoyarsk State Agrarian University*. (3), 148-151. (In Russ).

7. Ereemeeva, N.B. & Makarova, N.V. (2018). Study of the influence of pre-treatment of fruits and berries with enzyme preparations on the yield and antioxidant activity of extracts. *Bulletin of Kamchat-GTU*. (43), 55-59. (In Russ).

8. Sun, T., Powers, J.R. & Tang, J. (2007). Evaluation of the antioxidant activity of asparagus,

broccoli and their juices. *Food Chemistry*. 105(1), 101-106.

9. Yurchenko, L.A. (1991). *Preparation of fruit and berry juices and wines: monograph*. Minsk: Eco-press. (In Russ).

10. Belokurova, E.S. & Pankina, I.A. (2016). Experimental study of fruit juices. Development of technical sciences in the modern world "Materials of the international scientific and practical conference. Voronezh, 70-72. (In Russ).

11. Saftner, R.A., Abbott, J., Bhagwat, A.A. & Vinyard, B.T. (2005). Quality measurement of intact and fresh-cut slices of Fuji, Granny Smith, Pink Lady and GoldRush apples. *Food Science*. 70(5), S315-S324.

Information about the authors

D. A. Koch – Candidate of Technical Sciences, Professor of the Department of bakery, confectionery and pasta production technology, Krasnoyarsk State Agrarian University.

Статья поступила в редакцию 05.06.2021; одобрена после рецензирования 25.08.2021; принята к публикации 13.09.2021.

The article was received by the editorial board on 5 June 21; approved after editing on 25 Aug 21; accepted for publication on 13 Sep 21.



Научная статья

05.18.01 – Технология обработки, хранения и переработки злаковых, бобовых культур, крупяных продуктов плодовоовощной продукции и виноградарства

УДК 664. 859

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.03.005

РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУР ПЛОДОВООЩНЫХ СОУСОВ, ОБОГАЩЕННЫХ ПРЯНО-АРОМАТИЧЕСКИМИ ИНГРЕДИЕНТАМИ

Наталья Кирилловна Шелковская ¹, Дора Ивановна Дейслинг ²,
Оксана Юрьевна Михайлова ³

^{1, 2, 3} Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий, Барнаул, Россия

¹ shelk49@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1335-1718>

² dora270153@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9727-2488>

³ mihaailova_oxana007@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4554-9449>

Аннотация. В современной пищевой промышленности приоритетным направлением является увеличение производства и расширение ассортимента продуктов консервирования функционального назначения из местного плодового, ягодного и овощного сырья и обогащение их пряно-ароматическими ингредиентами. Данные ингредиенты перспективны для использования в производстве плодовоовощных соусов, так как богаты минеральными соединениями, микроэлементами, витаминами групп А, В₁, В₂, В₉, С, Е, а также полифенолами, снижающими уровень сахара в крови. Усовершенствование технологии и разработка рецептур плодовоовощных соусов с введением пряно-ароматических добавок с целью повышения их пищевкусовой, биологической ценности и функциональной направленности является актуальной и представляет новизну. В процессе работы исследован физико-химический состав сырья и пюре-полуфабрикатов для соусов, установлены их различия. Разработаны рецептуры 16 пробных купажей, по максимальным дегустационным оценкам отобраны оптимальные 4. Оптимизирован процесс введения пряно-ароматических ингредиентов в плодовоовощные купажи. По максимальной дегустационной оценке 4,9 балла из 24 пробных купажей с пряно-ароматическими ингредиентами отмечены 4 купажа с корицей: жимолостно / кабачковый (100 г / 75 мг); жимолостно / тыквенный; яблочно / кабачковый и яблочно / тыквенный (100 г / 100 мг); 4 купажа с имбирем: жимолостно / кабачковый и жимолостно / тыквенный (100 г / 75 мг); яблочно / кабачковый и яблочно / тыквенный (100 г / 100 мг). На основании результатов пробных купажей приготовлены плодовоовощные соусы с имбирем и корицей. По основным физико-химическим показателям и органолептическим качествам доказано высокое качество плодовоовощных соусов, обогащенных пряно-ароматическими ингредиентами.

Ключевые слова: плодовоовощное пюре, купажи, соус, жимолость, яблоки, кабачки, тыква, плоды, ягоды, овощи, сорт, пряно-ароматические ингредиенты.

Для цитирования: Шелковская, Н. К., Дейслинг, Д. И., Михайлова, О. Ю. Разработка рецептур плодовоовощных соусов, обогащенных пряно-ароматическими ингредиентами // Ползуновский вестник. 2021. № 3. 35–41. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.03.005.

DEVELOPMENT OF FRUIT AND VEGETABLE SAUCE RECIPES ENRICHED WITH SPICY-AROMATIC INGREDIENTS

Natalia K. Shelkovskaya¹, Dora I. Deisling², Oxana Yu. Mikhailova³

^{1, 2, 3} Federal Altai Scientific Center of Agro-Biotechnologies

¹ shelk49@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1335-1718>

² dora270153@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9727-2488>

³ mihailova_oxana007@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4554-9449>

Abstract. Increasing of production as well as expanding of the range of processing products for functional nutrition on the basis of local fruit, berry and vegetable raw material enriched by spicy aromatic ingredients is the top priority of contemporary food industry, because of rich in mineral compounds, trace elements, polyphenols and such vitamins as A, B₁, B₂, B₉, C, E above mentioned ingredients are promising for production of fruit and vegetable sauces. The main task of research was development of new products-fruit and vegetable sauces, enriched by spicy-aromatic ingredients and possessed of high nutritional, biological value and functional direction. Both the technology improvement and development of fruit and vegetable sauces enriched by aromatic additives are completely relevant tasks with significant novelty. Physico-chemical composition of both raw material and semi-finished products for sauces was investigated and differences have been established. Prescriptions of 16 trial blends have been developed, within them the best four have been selected in accordance to high organoleptic estimation. The process of adding of spicy-aromatic ingredients into fruit and vegetable blends has been optimized. Within 24 testing blends enriched by spicy-aromatic ingredients 4 blends with cinnamon were proposed (organoleptic estimation is 4.9 point): honeysuckle / zucchini (100 g / 75mg); honeysuckle / pumpkin; apple / zucchini and apple / pumpkin (100 g / 100 mg); 4 blends with ginger: honeysuckle / zucchini and honeysuckle / pumpkin (100 g / 75 mg); apple / zucchini and apple / pumpkin (100 g / 100 mg). Fruit and vegetable sauces with ginger and cinnamon were produced based on the results of the trial blends. The research results have proven the high quality of fruit and vegetable sauces enriched by spicy-aromatic ingredients.

Keywords: fruit and vegetable puree, blending, sauce, honeysuckle, apple, zucchini, pumpkin, fruits, berries, vegetables, variety, spicy-aromatic ingredients.

For citation: Shelkovskaya, N. K., Deisling, D. I. & Mikhailova, O. Yu. (2021). Development of fruit and vegetable sauce recipes enriched with spicy-aromatic ingredients. *Polzunovskiy vestnik*, (3), 35-41. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.03.005.

ВВЕДЕНИЕ

Свежие плоды, ягоды и овощи являются одним из главных компонентов сбалансированного питания человека. Они представляют собой источник витаминов, минеральных веществ, микроэлементов, каротиноидов, фенольных соединений, ферментов, необходимых для баланса полезных составляющих в питании. Помимо прочих достоинств, например, яблоки, груши, жимолость, содержат большое количество пектина, что позволяет получать характерную текучую консистенцию соусов без введения крахмала или другого структурообразователя [1, 2]. Но потребление свежих плодов, ягод и овощей ограничено коротким летне-осенним периодом. Поэтому

создание новых сбалансированных продуктов консервирования с заданным биохимическим составом и обогащенных комплексом природных антиоксидантов, с функциональной направленностью играет важную роль и позволяет обеспечить организм человека биологически активными веществами в течение года [3, 4].

Флодоовощной соус представляет собой продукт, состоящий из пюре свежих плодов и овощей с добавлением или без сахара и пряно-ароматических ингредиентов. Готовый продукт имеет хороший внешний вид, нежную консистенцию, приятный вкус и насыщенный естественный аромат его составляющих [5, 6, 7].

РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУР ПЛОДООВОЩНЫХ СОУСОВ, ОБОГАЩЕННЫХ ПРЯНО-АРОМАТИЧЕСКИМИ ИНГРЕДИЕНТАМИ

Жимолость алтайских сортов – ценная поливитаминная культура, богатая витаминами С, В₁, В₁₂, В₉, К, Р. Комплекс Р-активных соединений представлен антоцианами, катехинами, фенолкарбоновыми кислотами [8].

Яблоки алтайской селекции имеют высокое содержание сахаров (14–16 %), органических кислот (0,8–1,9 %), пектиновых и ароматических веществ, полифенольных соединений, витамина Р (63–853 мг / 100 г и С (5–29 мг / 100 г) [9].

Овощи – важнейшие поставщики провитамина А-каротина, минеральных солей, ряда микроэлементов, углеводов, фитонцидов, клетчатки, некоторых витаминов группы В. Кабачки и тыква являются массовым сырьем для консервной промышленности на достаточно широкий ассортимент консервов [1, 2, 4, 5, 7].

Тыква. Мякоть тыквы богата пектином. Оранжево-желтые формы содержат каротина больше, чем морковь, богатый набор витаминов: С, В₁, В₂, РР, Е, клетчатки. Количество сахаров (сахароза) в ней достигает 14 % [1, 4, 5].

Кабачки содержат растворимых сухих веществ – 5,4 %, общего сахара – 2,29 %, витамина С – 11,18 мг %. Они содержат минеральные соли калия, кальция, фосфора, натрия, железа, меди, кобальта, магния [1, 4, 5].

Ценные свойства тыквы и кабачков, богатый химический состав, высокая урожайность сортов, выращиваемых в Алтайском крае, имеющих способность к длительному хранению, невысокую стоимость, обуславливают их использование в пищевых технологиях.

Корица имеет сильный аромат, специфический, жгучий и сладковатый вкус. В состав входят эфирное масло, дубильные вещества, смолы. Корица богата калием, марганцем, железом, селеном, цинком, витаминами групп А, В₁, В₂, В₉, С, Е, К [10].

Имбирь. Обнаружены калий, магний, медь, марганец, витамин В₆. Имбирь полезен не только, как лекарственное средство, но и как ценный продукт в питании [10].

Анализ литературных источников и патентных исследований свидетельствует о том, что особенности технологии производства плодоовощных соусов из плодово-ягодного и овощного сырья, выращенного в лесостепной зоне Алтайского края и обогащенных пряно-ароматическими ингредиентами, не изучены. Поэтому многие вопросы технологии производства и разработка рецептур новых типов консервов – соусов акту-

альны, своевременны, имеют научную новизну и требуют глубоких исследований.

УСЛОВИЯ

Исследования выполнены в 2015–2016 гг. в лаборатории индустриальных технологий Научно-исследовательского института садоводства Сибири им. М.А. Лисавенко.

ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Жимолость, яблоки, тыква, кабачки, корица, имбирь, пюре, соус.

МЕТОДЫ

Пюре и соусы из плодов, ягод, овощей готовили в соответствии с технологическими инструкциями по производству консервов. Физико-химические исследования – по ГОСТ: 28562-90; 25555.0; 8756.13; 8756.22; 24556. Анализы проведены в 2-х кратной повторности. Дегустационная оценка по ГОСТ 8756.1. Статистическая обработка данных проведена по Б.А. Доспехову [11].

Цель работы: создание новых продуктов консервирования – плодоовощных соусов, обогащенных пряно-ароматическими ингредиентами, обладающих высокой пищевой, биологической ценностью и функциональной направленностью.

Научные исследования представляют новизну и актуальность для разработки нормативно-технической документации по производству плодоовощных соусов из местного сырья с введением пряно-ароматических ингредиентов и внедрения в пищевое производство.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Плодоовощные соусы вырабатывали по следующей технологической схеме: доставка, инспекция, мойка, чистка и резка, бланширование, протирание, купажирование, введение сахара и пряно-ароматических ингредиентов, пастеризация, фасовка, укупорка, хранение [12].

ОБСУЖДЕНИЕ

Содержание растворимых сухих веществ в плодах яблок и жимолости – 13,9–17,0 %; в овощных значительно ниже – 4,0–5,4 %. Во всех видах сортовых пюре содержание РСВ выше, чем в сырье, за счет испарения влаги при его производстве. Содержание сахаров в

плодах яблок и жимолости варьируется от 7,1 до 13,6 г / 100 г. В овощных этот показатель на низком уровне – 3,4–4,8 г / 100 г. В пюре плодовом, ягодном и овощном содержание сахара увеличилась незначительно. Кислотность пюре практически соответствовала исходному содержанию кислоты в сырье. Наибольшее количество аскорбиновой кислоты отмечено в плодах жимолости – 16,71 мг / 100 г, немного меньше в яблоках и тыкве – 13,02–13,90 мг / 100 г и небольшое в

кабачках – 6,96 мг / 100 г. При изготовлении пюре этот показатель уменьшился до 0,42–3,70 мг / 100 г. Каротин определяли только в овощах, так как ранее проведенными нами исследованиями установлено, что каротина в плодах и ягодах изучаемых культур нет. Каротин обнаружен в незначительных количествах в кабачковых плодах и пюре (4,3–3,1 мг / 100 г). Значительно выше его содержание в тыквенном сырье – 12,4 мг / 100 г и в пюре – 11,9 мг / 100 г.

Таблица 1 – Физико-химический состав сырья и пюре-полуфабрикатов

Table 1 – Physical and chemical composition of raw materials and semi-finished purees

Сырье, пюре (культура, сорт)	РСВ, %	Общая кислотность, %	Сахар, г / 100 г	Витамин С, мг / 100 г	Каротин, мг / 100 г
Яблоки Жебровское					
Плоды	17,0	1,01	13,6	13,02	–
Пюре	19,3	0,80	14,0	0,42	–
Жимолость Берель					
Плоды	13,9	2,30	7,1	16,71	–
Пюре	17,4	2,61	7,5	3,70	–
Тыква Улыбка					
Плоды	5,4	0,23	4,8	13,90	12,40
Пюре	5,9	0,13	5,1	0,83	11,90
Кабачки Золотинка					
Плоды	4,0	0,13	3,4	6,95	4,30
Пюре	4,6	0,13	3,8	0,42	3,10

Для приготовления пюре из плодового и овощного сырья использовали метод купажи-

рования различных количеств основного плодового к введенному овощному пюре.

Таблица 2 – Схема купажирования плодово-ягодного, овощного пюре и дегустационная оценка

Table 2 – The scheme of blending fruit and berry, vegetable puree and tasting evaluation

Овощное пюре, сорт	Основа (сорт) – фруктовое пюре			
	Жимолость Берель			Яблоки Жебровское
	Соотношение, %	Дегустационная оценка (балл)	Соотношение, %	Дегустационная оценка (балл)
Кабачки Золотинка	50:50	4,2	50:50	4,5
	60:40	4,3	60:40	4,6
	70:30	4,3	70:30	4,6
	80:20	4,5	80:20	4,7
Тыква Улыбка	50:50	4,6	50:50	4,5
	60:40	4,7	60:40	4,6
	70:30	4,9	70:30	4,9
	80:20	4,7	80:20	4,7

РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУР ПЛОДОВООЩНЫХ СОУСОВ, ОБОГАЩЕННЫХ ПРЯНО-АРОМАТИЧЕСКИМИ ИНГРЕДИЕНТАМИ

Выбор оптимальных купажей устанавливали по максимальным дегустационным оценкам. Из 16 пробных купажей отобраны 4 в следующих процентных соотношениях: жимолость / кабачки в соотношении 80 : 20 (4,5); жимолость / тыква 70 : 30 (4,9); яблоки / кабачки 80 : 20 (4,7); яблоки / тыква 70 : 30 (4,9 балла).

В отобранные по максимальным дегустационным оценкам купажи добавляли пря-

но-ароматическое сырье в соответствии с данными схемы (таблица 3).

Приготовили 24 пробных купажа с пряно-ароматическими ингредиентами из расчета: на 100 г купажа добавляли молотую корицу и имбирь в количестве 50, 75, 100 мг, тщательно перемешивали и проводили дегустацию приготовленных образцов.

Таблица 3 – Схема введения пряно-ароматических ингредиентов в плодовоовощные купажи

Table 3 – Scheme of introduction of spicy-aromatic ingredients in fruit and vegetable blends

Купаж, культура, сорт, соотношение, 100 г	Пряно-ароматические ингредиенты, мг			
	Дегустационная оценка (балл)			
	Корица	Дегустационная оценка	Имбирь	Дегустационная оценка
Жимолость (Берель) / Кабачки (Золотинка) 80 : 20	50	4,6	50	4,6
	75	4,9	75	4,9
	100	4,7	100	4,7
Жимолость (Берель) / Тыква (Улыбка) 70 : 30	50	4,6	50	4,6
	75	4,7	75	4,9
	100	4,9	100	4,7
Яблоки (Жебровское) / Кабачки (Золотинка) 80 : 20	50	4,7	50	4,7
	75	4,7	75	4,8
	100	4,9	100	4,9
Яблоки (Жебровское) / Тыква (Улыбка) 70 : 30	50	4,6	50	4,6
	75	4,7	75	4,7
	100	4,9	100	4,9

По максимальной дегустационной оценке **4,9** балла из **24** пробных купажей с пряно-ароматическими ингредиентами отмечены **4** купажа с корицей: жимолостно / кабачковый (100 г / 75 мг); жимолостно / тыквенный; яблочно / кабачковый и яблочно / тыквенный (100 г / 100 мг); 4 купажа с имбирем: жимолостно / кабачковый и жимолостно / тыквенный (100 г / 75 мг); яблочно / кабачковый и яблочно / тыквенный (100 г / 100 мг).

В отобранные 8 фруктово / овощных купажей с пряностями добавляли сахар в соотношении 1 : 01, после чего исследовали биохимический состав и органолептические ка-

чества готового продукта. При сочетании фруктового и овощного пюре, добавлении сахара и пряностей получен новый продукт – **соус** хорошего вкуса, аромата, цвета и значительно обогащенный БАВ.

Результаты исследований показали, что в готовых жимолостно / овощных соусах содержание витамина С 11,63–20,88 мг / 100 г, кислотность – 1,73–1,99 %. РСВ – 21,2–24,2 %. В яблочно / овощных соусах содержание витамина С ниже – 1,88–3,60 мг / 100 г, кислотность во всех 4-х образцах умеренная – 0,64 %, РСВ – 18,1–20,8 %. Дегустационные оценки всех соусов – 4,9–5,0 баллов.

ВЫВОДЫ

1. Выявлены различия по биохимическому составу плодоовощного сырья и пюре.
2. По максимальным дегустационным оценкам 4,5–4,9 балла из 16 пробных купажей отобраны 4.
3. Из 24 пробных купажей с пряно-ароматическими ингредиентами по высшей дегустационной оценке 4,9 балла отобраны 4 купажа с корицей и 4 купажа с имбирем.
4. Рецептуры новых плодоовощных соусов могут быть рекомендованы производству за высокие пищевкусковые и биохимические параметры.
5. На основании проведенных исследований разработаны технические условия (ТУ) и технологическая инструкция (ТИ) по производству плодоовощных соусов из сырья алтайских сортов, обогащенных пряно-ароматическими ингредиентами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Щеглов Н.Г. Технология консервирования плодов и овощей // Н.Г. Щеглов. М. : Изд-во «Палеотип», 2002. 380 с.
2. Широков Е.П., Полегаев В.И. Хранение и переработка плодов и овощей. М. : Агропромиздат, 1989. 375 с.
3. Фан-Юнг А.Ф., Флауменбаум Б.Л. Технология консервирования плодов, овощей, мяса и рыбы. М. : Пищевая промышленность, 1980. 47 с.
4. Неверова О.А., Гореликова Г.А., Позняковский В.М. Пищевая биотехнология продуктов из сырья растительного происхождения : учебник. Новосибирск : Сибирское университетское издательство, 2007. 416 с.
5. Троян З.А., Русанова Л.А., Юрченко Н.В. Натуральные овощные напитки «Солнечный доктор» // Пищевая промышленность. М. № 2. 2001. 49 с.
6. Binsted R. Pickle & saucemaking. London : Foodtrade press, 1971 XI. 332 p. англ. Промышленное изготовление маринадов и соусов с участием уксуса.
7. Золотарева А.М., Белых А.М., Чиркина Т.Ф., Кузьмина А.А. Плодово-ягодное сырье сибирского сада и его пищевая ценность. Новосибирск : РАСХН. Сиб. отд-ние. НЗПЯОС им. И.В. Мичурина, 2004. 204 с.
8. Жолобова З.С., Прищепина Г.А. Жимолость. Новосибирск : РИФ-Новосибирск. 2001. С. 8–11.
9. Калинина И.П. Помология. Сибирские сорта плодовых и ягодных культур XX столетия. ГНУ НИИСС им. М.А. Лисавенко, Новосибирск, 2005. 568 с.
10. Касьянов Г.И., Кизим И.Е., Холодцов М.А. Применение пряно-ароматических и лекарственных растений в пищевой промышленности // Пищевая промышленность. № 5, 2000. С. 33–40.

11. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Москва : Агропромиздат, 1985. 351 с.
12. Сборник технологических инструкций по производству консервов. Т. 2. М. : "Пищевая промышленность", ВНИИКОП, 1992. С. 57–89.

Информация об авторах

Н. К. Шелковская – старший научный сотрудник Федерального алтайского научного центра агробиотехнологий.

Д. И. Дейслинг – научный сотрудник Федерального алтайского научного центра агробиотехнологий.

О. Ю. Михайлова – младший научный сотрудник Федерального алтайского научного центра агробиотехнологий.

REFERENCES

1. Shcheglov, N.G. (2002). *Tekhnologiya konservirovaniya plodov i ovoshchey*. M. : Izd-vo «Paleotip» (In Russ).
2. Shirokov, Ye.P. & Polegayev, V.I. (1989). *Khraneniye i pererabotka plodov i ovoshchey*. M. : Agropromizdat. (In Russ).
3. Fan-Yung, A.F. & Flaumenbaum, B.L. (1980). *Tekhnologiya konservirovaniya plodov, ovoshchey, myasairyby*. M. : Pishchevaya promyshlennost'. (In Russ).
4. Neverova, O.A., Gorelikova, G.A. & Poznykovskiy, V.M. (2007). *Pishchevaya biotekhnologiya produktov iz syr'ya rastitel'nogo proiskhozhdeniya : uchebnik*. Novosibirsk : Sibirskoye universitetskoye izdatel'stvo. (In Russ).
5. Troyan, Z.A., Rusanova, L.A. & Yurchenko, N.V. (2001). *Natural'nyye ovoshchnyye napitki «Solnechnyy doktor»*. *Pishchevaya promyshlennost'*, (2), 49. (In Russ).
6. Binsted, R. (1971). *Pickle & sauce making*. London : Food trade press.
7. Zolotareva, A.M., Belykh, A.M., Chirkina, T.F. & Kuz'mina, A.A. (2004). *Plodovo-yagodnoye syr'ye sibirskogo sada i yego pishchevaya tsennost'*. Novosibirsk : R. A.N. A. Sib. Dep. of the I. V. Michurin NSNEA. (In Russ).
8. Zholobova, Z.S. & Prishchepina, G.A. (2001). *Zhimolost'*. Novosibirsk : RIF-Novosibirsk. (In Russ).
9. Kalinina, I.P. (2005). *Pomologiya. Sibirskiyeh sorta plodovyykh i yagodnykh kul'tur KHKH stoletiya.*, Novosibirsk : GNU NIIS im. M.A. Lisavenko. (In Russ).
10. Kas'yanov, G.I., Kizim, I.Ye. & Kholodtsov M.A. (2000). *Primeneniye pryanoaromaticheskikh, aromaticheskikh rasteniy v pishchevoy promyshlennost'*. *Pishchevaya promyshlennost'*, (5), 33–40. (In Russ).
11. Dospekhov, B.A. (1985). *The methodology of field experience (with the basics of statistical pro-*

РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУР ПЛОДООВОЩНЫХ СОУСОВ, ОБОГАЩЕННЫХ
ПРЯНО-АРОМАТИЧЕСКИМИ ИНГРЕДИЕНТАМИ

cessing of research results). – Moscow : Agroprom-izdat. (In Russ).

12. Collection of technological instructions for the production of canned food. (1992). vol. 2. M. : Food industry, VNIKOP, 1992. – s. 57-89. (In Russ).

Information about the authors

N. K. Shelkovskaya – senior researcher, Federal Altai Scientific Center of Agroboitechnologies.

D. I. Deysling – researcher, Federal Altai Scientific Center of Agroboitechnologies.

O. Yu. Mikhailova – junior researcher, Federal Altai Scientific Center of Agroboitechnologies.

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare that there is no conflict of interest.*

Статья поступила в редакцию 30.07.2021; одобрена после рецензирования 17.09.2021; принята к публикации 22.09.2021.

The article was received by the editorial board on 30 July 21; approved after editing 17 Sep 21; accepted for publication on 22 Sep 21.



Научная статья
05.18.04 – Технология мясных, молочных и рыбных продуктов и холодильных производств (технические науки)
УДК 665.328
doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.03.006

КОМПЛЕКСНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА КУЛЬТИВИРОВАНИЯ ХЛЕБОПЕКАРНЫХ ДРОЖЖЕЙ ПРИ ВЫСОКИХ КОНЦЕНТРАЦИЯХ БИОМАССЫ. 1. ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СВЕКЛОВИЧНОЙ МЕЛАССЫ

Евгения Владимировна Кравцова ¹, Александр Геннадьевич Новоселов ²,
Алексей Александрович Федоров ³, Сергей Андреевич Сорокин ⁴,
Екатерина Александровна Фомина ⁵, Ольга Александровна Суздальцева ⁶

1, 2, 3, 4, 5, 6 Университет ИТМО, Санкт-Петербург, Россия

¹ evkravtcova@itmo.ru, <https://orcid.org/0000000313933347>

² agnovoselov@itmo.ru, <https://orcid.org/0000000211685362>

³ aafedorov@itmo.ru, <https://orcid.org/0000000338607708>

⁴ sorokinsa@itmo.ru, <https://orcid.org/0000000156646132>

⁵ catunya.fomka@yandex.ru, <https://orcid.org/0000000322363745>

⁶ olya.sorokina.2010@gmail.com, <https://orcid.org/000000031745073X>

Аннотация. Рассмотрены пути повышения эффективности дрожжевых заводов. Показаны возможность и эффективность проведения процесса культивирования хлебопекарных дрожжей при высоких концентрациях биомассы до 500 кг/м³ в кожухотрубном струйно-инжекционном ферментаторе. Дано сравнение технико-экономических показателей процесса культивирования традиционным и предлагаемым способами. Представлена взаимосвязь коэффициентов молекулярного переноса импульса, теплоты и массы, а именно коэффициента кинематической вязкости, коэффициента температуропроводности и коэффициента молекулярной диффузии. Выполнен анализ опубликованных в научно-технической литературе данных по комплексному изучению динамической вязкости водных растворов мелассы в случае использования культивирования дрожжей при высокой концентрации биомассы. Цель данной работы: провести комплексные исследования физических свойств водного раствора мелассы для выбранного диапазона температур и концентраций. В работе представлены результаты экспериментальных исследований коэффициента динамической вязкости, позволяющие проследить характер течения водных растворов мелассы при различном содержании сухих веществ в диапазоне изменения температур 10–70 °С и в диапазоне скоростей сдвига 1–500 с⁻¹, и их графические зависимости. Обработка экспериментальных данных, полученных в результате измерения вязкости мелассных растворов при помощи вискозиметра Rheotest RN 4.1. и вискозиметра Гепплера, позволила определить численные значения коэффициентов динамической вязкости и их математической интерпретации в зависимости от концентрации сухих веществ при различных температурах. Значения, полученные на данных приборах, позволили предположить, что в результате эксперимента приборы дают схожие, а, следовательно, достоверные результаты.

Ключевые слова: культивирование хлебопекарных дрожжей, струйно-инжекционного ферментатор, высокая концентрация биомассы дрожжей, водный раствор мелассы, вязкость раствора мелассы, концентрация сухих веществ, измерение вязкости, динамическая вязкость, коэффициент молекулярного переноса импульса, течение водных растворов.

Для цитирования: Комплексные исследования процесса культивирования хлебопекарных дрожжей при высоких концентрациях биомассы. Исследование физических свойств свеколовичной мелассы / А. Г. Новоселов [и др.]. // Ползуновский вестник. 2021. № 3. С. 42–53. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.03.006.

COMPLEX STUDIES OF CULTIVATION PROCESS OF BAKER'S YEAST WITH HIGH CONCENTRATIONS OF BIOMASS. 1. INVESTIGATION OF PHYSICAL PROPERTIES OF BEET MOLASSES

Evgeniya V. Kravtsova ¹, Aleksandr G. Novoselov ², Aleksey A. Fedorov ³, Sergey A. Sorokin ⁴, Ekaterina A. Fomina ⁵, Olga A. Suzdaltseva ⁶

^{1, 2, 3, 4, 5, 6} ITMO University, St. Petersburg, Russia

¹ evkravtsova@itmo.ru, <https://orcid.org/0000000313933347>

² agnovoselov@itmo.ru, <https://orcid.org/0000000211685362>

³ aafedorov@itmo.ru, <https://orcid.org/0000000338607708>

⁴ sorokinsa@itmo.ru, <https://orcid.org/0000000156646132>

⁵ catunya.fomka@yandex.ru, <https://orcid.org/0000000322363745>

⁶ olya.sorokina.2010@gmail.com, <https://orcid.org/000000031745073X>

Abstract. *The ways of increasing the efficiency of yeast factories are considered. The possibility and efficiency of the process of cultivation of baker's yeast at high concentrations of biomass up to 500 kg / m³ in a shell-and-tube jet-injection fermenter are shown. Comparison of technical and economic indicators of the cultivation process by traditional and proposed methods is given. The relationship between the coefficients of molecular transfer of momentum, heat and mass, namely, the coefficient of kinematic viscosity, the coefficient of thermal diffusivity, and the coefficient of molecular diffusion is presented. The analysis of the data published in the scientific and technical literature on the complex study of the dynamic viscosity of aqueous solutions of molasses in the case of using the cultivation of yeast at a high concentration of biomass was carried out. The purpose of this work is to conduct a comprehensive study of the physical properties of an aqueous solution of molasses for the selected range of temperatures and concentrations. The paper presents the results of experimental studies of the dynamic viscosity coefficient, which make it possible to trace the nature of the flow of aqueous molasses solutions at different contents of dry substances in the temperature range of 10-70 °C and in the shear rate range of 1-500 s⁻¹, and their graphical dependences. Processing of experimental data obtained by measuring the viscosity of molasses solutions using a Rheotest RN 4.1 viscometer. and the Hepler viscometer, made it possible to determine the numerical values of the dynamic viscosity coefficients and their mathematical interpretation depending on the concentration of dry substances at different temperatures. The values obtained with these devices allowed us to assume that, as a result of the experiment, the devices give similar, and, therefore, reliable results.*

Keywords: *cultivation of baker's yeast, jet-injection fermenter, high concentration of yeast biomass, aqueous solution of molasses, viscosity of molasses solution, concentration of solids, measurement of viscosity, dynamic viscosity, molecular momentum transfer coefficient, flow of aqueous solutions.*

For citation: Kravtsova, E.V., Novoselov, A.G., Fedorov, A.A., Sorokin, S.A., Fomina, E.A. & Suzdaltseva, O.A. (2021). Complex studies of cultivation process of baker's yeast with high concentrations of biomass. 1. Investigation of the physical properties of beet molasses. *Polzunovskiy vestnik*, (3), 42-53. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.03.006.

ВВЕДЕНИЕ

Анализ современных тенденций в области производства высококачественных и экологически чистых продуктов питания, лекарственных препаратов, парфюмерно-косметических средств, комбикормов показывает, что немаловажную роль и интенсивное

развитие получили отрасли промышленности, в состав технологического процесса которых входят биосорбционные процессы, в частности микробиологическая промышленность [1].

Наиболее широко биосорбционные процессы нашли применение в производстве хлебопекарных и кормовых дрожжей. Учитыв-

вая несомненную общность аэробного процесса культивирования одноклеточных микроорганизмов, остановимся на наиболее развитой в плане существующего промышленного потенциала – хлебопекарной дрожжевой промышленности [2].

В настоящее время средний выход хлебопекарных дрожжей с единицы субстрата невысок и составляет около 70 %. Причина таких невысоких выходов продукции лежит в низких массообменных характеристиках ферментаторов, которые определяются в первую очередь их конструкцией. Потребность в дрожжах вырастает из года в год, поэтому увеличение производительности дрожжевых заводов – задача важная и необходимая, и решена она может быть как за счет модернизации оборудования, так и совершенствования технологии производства [2].

Мощность дрожжевого завода по целевому продукту может быть укрупненно оценена по известной зависимости [2]:

$$N = \frac{(K \cdot X \cdot V_p \cdot n)}{(\tau - \tau_n)}, \quad (1)$$

где N – мощность завода по целевому продукту, кг/год;

K – коэффициент, учитывающий средний выход целевого продукта, а также величину брака и заполнения ферментаторов культуральной жидкостью;

V_p – рабочий объем ферментаторов, м³;

X – концентрация дрожжей в культуральной жидкости на момент времени τ , кг/м³;

n – число рабочих дней в году;

τ – продолжительность культивирования, сутки;

τ_n – продолжительность подготовительных операций на один цикл культивирования, сутки.

Из уравнения (1) видно, что мощность производства по выпуску дрожжей может быть увеличена за счет увеличения количества ферментаторов или их суммарного рабочего объема на последней стадии культивирования, т.е. V_p , повышения концентрации биомассы X и интенсификации клеточного роста, что выражается в снижении времени культивирования τ . Увеличение V_p ведет к дополнительным капитальным вложениям, увеличению энергозатрат и вспомогательных материалов, связанных с мойкой и техническим обслуживанием ферментаторов. Кроме того, возрастает и время τ_n на подготовительные работы.

Так, при культивировании хлебопекарных дрожжей в ферментаторе с геометрическим объемом 100 м³ до концентрации $X_k = 90$ кг/м³ и конечном рабочим объемом

$V_p = 50$ м³ можно получить 4,5 тонны дрожжей с содержанием 25 % СВ.

В тоже время аналогичное количество биомассы можно получить при культивировании в аппарате с $V_p = 30$ м³ до $X_k = 450$ кг/м³ и конечном объеме $V_p = 10$ м³ [3, 4].

Перспектива повышения конечной концентрации дрожжей, т.е. проведение культивирования одноклеточных микроорганизмов при высокой концентрации их в ферментаторе на всех стадиях технологического процесса, – неоспорима: высвобождается производственная площадь, уменьшаются затраты энергии и воды на проведение процесса, пара и моющих средств на стерилизацию внутренней поверхности ферментатора и ее мойку. Кроме того, проведение культивирования до $X_k = 400$ –500 кг/м³ позволит сократить число стадий сепарации, уменьшить потери биомассы при проведении этого процесса, а высокое содержание дрожжевых клеток в единице объема культуральной жидкости само по себе препятствует развитию посторонней микрофлоры в среде [5]. Более того, такое проведение процесса целесообразно и с экологической точки зрения, поскольку уменьшается объем стоков, подлежащих очистке.

На базе Университета ИТМО были проведены комплексные исследования возможности культивирования хлебопекарных дрожжей при высоких концентрациях биомассы и разработана конструкция кожухотрубного струйно-инжекционного ферментатора (КСИФ), представленного на рисунке 1, позволяющая успешно реализовывать данную технологию.

Принцип его работы заключается в образовании и движении газожидкостной смеси в трубах аппарата за счет инжектирующей способности свободной струи жидкости, вытекающей из сопла определенной формы, ее динамического воздействия на смесь в нисходящем потоке и газлифтного эффекта в восходящем [6, 7, 8]. Конструктивно КСИА состоит из двух аппаратов: теплообменника-аэратора 1 и емкости-накопителя 2. Теплообменник-аэратор (Т-А) представляет собой вертикальный кожухотрубный теплообменник с видоизмененной верхней частью. Он состоит из вертикальных опускных 4, подъемных 5 и сливных 6 труб, последовательно соединенных между собой и образующих циркуляционный канал. Верхняя часть Т-А, присоединенная к его кожухотрубной части, разделена горизонтальной перегородкой с образованием жидкостной 10 и газовой 9 камер. В свою очередь газовая камера 9 разделена на две части вертикальной перегородкой 17 с

ПОЛЗУНОВСКИЙ ВЕСТНИК № 3 2021

КОМПЛЕКСНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА КУЛЬТИВИРОВАНИЯ ХЛЕБОПЕКАРНЫХ ДРОЖЖЕЙ ПРИ ВЫСОКИХ КОНЦЕНТРАЦИЯХ БИОМАССЫ.

1. ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СВЕКЛОВИЧНОЙ МЕЛАССЫ

образованием основной 16 и дополнительной камер. В горизонтальной перегородке верхней камеры установлены сопла: основные 7 и дополнительные 8. Основные сопла 7 размещаются в основной газовой камере 16 строго вертикально над опускающимися трубами 4

соосно с ними. Дополнительные сопла 8 размещены в дополнительной газовой камере 9 над сливными трубами 6 соосно с ними. Основная газовая камера 16 имеет патрубки для подачи воздуха (газа) 15 [3].

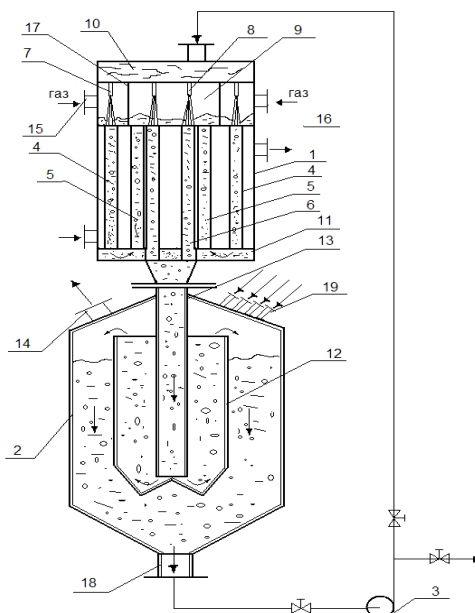


Рисунок 1 – Конструкция струйно-инжекционного ферментатора

Figure 1 – Design of a jet-injection fermenter

Емкость-накопитель (Е-Н) 2 представляет собой вертикальный цилиндрикоконический резервуар, состоящий из корпуса 2, центральной трубы 13 и циркуляционного стакана 12, размещенных внутри корпуса 2 соосно с ним. В коническом днище Е-Н размещен патрубок 18, соединенный с всасывающим трубопроводом циркуляционного насоса 3.

Центральная труба 13 в верхней части соединена с Т-А, а нижней частью входит внутрь циркуляционного стакана 12, не соединяясь с его днищем [3].

Циркуляционный стакан 12 также размещен соосно корпусу 2 и имеет двухконусное днище. В самых нижних точках конусного ребра изготовлены отверстия для слива культуральной жидкости из циркуляционного стакана при опорожнении КСИФа.

Для отвода отработанного воздуха в верхней части Е-Н размещен патрубок 14. Здесь же размещены все необходимые технологические патрубки 19 для подачи питательных и ростовых веществ, а также химического пеногасителя.

Культивирование хлебопекарных дрожжей в КСИФе проводится в следующей

последовательности: в подготовленный к работе ферментатор через технологические патрубки 19 вводится вода, водные растворы мелассы, питательных солей и ростовых веществ в соответствии с технологическим режимом культивирования. Затем запускается циркуляционный насос 3, и субстрат циркулирует по объему КСИФ до достижения заданной температуры и рН. После этого вводится засевной материал (чистая культура дрожжей *Saccharomycies cerevisiae*) и начинается собственно процесс культивирования.

Культуральная жидкость совершает циркуляционное движение по трубам Т-А и каналам Е-Н, где за исключением последней стадии идет постоянный перенос кислорода от пузырьков воздуха к клеткам в сильно турбулизованном режиме. Подача субстрата ростовых веществ и питательных солей осуществляется в емкость-накопитель.

Проведенный анализ известных конструкций ферментаторов, применяемых в пищевой, микробиологической и химической промышленности (таблица 1), показал, что конструкция кожухотрубного струйно-

инжекционного аппарата (КСИА) имеет значительные преимущества.

К основным преимуществам ферментаторов данной конструкции следует отнести:

- высокие тепло, массообменные характеристики;

- отсутствие необходимости в воздухонагнетательном оборудовании;

- возможность проведения процесса при высоких концентрациях биомассы и кратности разбавления мелассы;

Таблица 1 – Сравнительный анализ известных конструкций ферментаторов

Table 1 – Comparative analysis of known fermenter designs

N п / п	Показатели	Типы ферментаторов						
		ВДА-100	ПНР-100	СИА Брамш	СИА Фогельбуш	ВДА-30	ФКЭР-1	КСИФ
1	Геометрический объем, м ³						1,25	
2	Полезный объем, м ³	100	100	97,5	50	30	0,65	30
3	Вид охлаждения	70	70	62	41	20	кож.т.о.	20
4	Способ диспергирования	рубашка	змеевик	змеевик	рубашка	рубашка	о.	кож.т.о.
5	Наличие воздухонагревателя	барботер	барботер	струйный	пневм. меш.	барботер	струйный	струйный
6	Конечное накопление дрожжей (D25), кг	да	да	да	да	да	нет	нет
7	Интенсивность аэрации, м ³ , возд/м ³ ч	4900	7000	8780	9760	1600	–	9000
8	Скорость потребления кислорода, кгО ₂ /м ³ ч	71	100	45	50	80	–	80
9	Коэффициент утилизации кислорода, %	1,56	2,8	3,32	6,25	1,75	–	8,9
10	Продуктивность, кг СВ/м ³ ч	7,1	11,1	29	24,8	8,6	42–64	80–
11		1,75	2,5	3,54	5,95	1,4	4,3–6,5	90
1	Удельные энергозатраты, кВт ч/кг СВ	2,2	1,6	0,45	1,6	1,6	1,4–	9,87
2	Конечная концентрация, кг/м ³	70	100	141	238	80	1,5	1,22
							92–124	450

Однако перевод технологий производства дрожжей на их культивирование при высоких концентрациях биомассы требует более глубоких и детальных исследований. В частности, новая технология культивирования требует бесперебойного обеспечения клеток питательными и ростовыми веществами, растворенным кислородом, а также своевременным отводом газообразных продуктов метаболизма от них. Кроме того, в процессе метаболизма клеток, в результате целого комплекса экзотермических реакций, происходящих внутри клетки, выделяется большое количество тепловой энергии, которую необходимо отводить из культуральной жидкости, т.к. повышение температуры выше 34 °С приводит к снижению скорости роста самих клеток.

Указанные обстоятельства заставляют задуматься над тем, что нельзя провести культивирование при высоких концентрациях биомассы в обычных, применяемых на заводах барботажных аппаратах, основное досто-

инство которых заключается в простоте и надежности.

При аэробном культивировании микроорганизмов необходимо учитывать, что концентрация биомассы в процессе культивирования будет постоянно возрастать и, следовательно, массовые потоки питательных веществ и растворенного кислорода из окружающей среды тоже должны возрастать [9].

В процессе метаболизма увеличивающегося числа клеток неизбежно будет увеличиваться и количество отводимого, выделяемого клетками в жидкостную среду, растворенного диоксида углерода, который, в дальнейшем, диффундируя через нее в воздушные пузырьки, удаляется из ферментатора. Массовые потоки кислорода, потребляемого клетками и выделяемого клетками диоксида углерода, примерно равны в рассматриваемый час культивирования [10].

Как видно из вышеизложенного, механизм переноса тепловой энергии и массы во многом зависит от гидродинамической обста-

КОМПЛЕКСНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА КУЛЬТИВИРОВАНИЯ ХЛЕБОПЕКАРНЫХ ДРОЖЖЕЙ ПРИ ВЫСОКИХ КОНЦЕНТРАЦИЯХ БИОМАССЫ.

1. ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СВЕКЛОВИЧНОЙ МЕЛАССЫ

новки в рабочем объеме. Основное сопротивление скоростям переноса массы и тепловой энергии, на молекулярном уровне, лежит в жидкостной фазе, а степень влияния на скорости переноса – от степени интенсивности ее турбулизации [11].

В общем случае, на поверхности разделяющих фаз, будь то твердая фаза или газовая фаза, практически всегда существуют пограничные слои, в которых наблюдается отсутствие турбулентности (ламинарные пограничные слои). Толщина этих слоев может быть соизмерима с размерами молекул, в зависимости от степени турбулизации той или иной фазы. Например, в пристенной области внутренней поверхности корпуса барботажного аппарата или теплопередающей поверхности, встроенных в рабочий объем, элементов трубчатых или змеевиковых теплообменников. Даже у поверхности пузырьков газовой фазы существует слой жидкостной фазы, обусловленный наличием поверхностного натяжения жидкости, окружающей объем заключенного в пузырьке газа. Это явление подтверждается многочисленными эмпирическими уравнениями, в которых, как правило, вводятся параметры, учитывающие толщины ламинарного пограничного подслоя, теплового подслоя или диффузионного подслоя. Наличие этих слоев предполагает, что перенос количества движения (импульса), тепловой энергии и массы целевого компонента существенно ниже, чем в основном объеме рабочей среды, и происходит по механизмам молекулярного переноса, т. е. вязкого трения, температуропроводности и молекулярной диффузии.

Процесс молекулярного переноса количества движения в условиях ламинарного режима может быть представлен в виде уравнения [12]

$$\tau = -\vartheta \frac{d(\bar{U}_x \rho)}{dy}, \quad (2)$$

где τ – касательные напряжения или напряжение сдвига, Н/м²; \bar{U}_x – осредненная по времени локальная скорость жидкости в направлении x , м/с; y – значения координат соседних слоев, взятых по направлению перпендикулярному к направлению движения слоев x , м; ρ – плотность жидкости, кг/м³; ϑ – кинематическая вязкость жидкости, м²/с.

Процесс молекулярного переноса тепловой энергии в аналогичных условиях

$$q = -a \frac{d(C_p \rho T)}{dy} = \frac{\lambda}{C_p \rho} \frac{d(C_p \rho T)}{dy}, \quad (3)$$

где q – плотность теплового потока, Дж/(с · м²);

a – температуропроводность, м²/с;

C_p – изобарная теплоемкость жидкости, Дж/(кг · К);

λ – теплопроводность, Дж/(с · мК);

T – температура, К.

Аналогично, процесс молекулярного переноса массы компонента А в жидкости В

$$m_A = -D_{AB} \frac{dC_A}{dy}, \quad (4)$$

где m_A – плотность массового потока вещества А в жидкости В; моль/(с · м²) D_{AB} – коэффициент молекулярной диффузии вещества А в жидкости В, м²/с; C_A – концентрация вещества А в жидкости В, моль/м³.

Анализируя уравнения (2–4), можно увидеть, что, несмотря на описываемые ими физические процессы принципиально различны, форма уравнений переноса одинаковая, а коэффициенты молекулярного переноса ν , a и D_{AB} имеют одну и ту же размерность [13]. С другой стороны, вполне очевидно, что вышеупомянутые коэффициенты молекулярного переноса являются константами для жидкостей с постоянным химическим составом во времени t , температуре T и давлении P . Изменение любого из этих параметров или нескольких одновременно приводит к изменению либо химического состава (например, в процессах массопереноса), либо к изменению термодинамического состояния молекул жидкости (например, в гидродинамических и тепловых процессах), что неизбежно отразится на физико-химических свойствах данной жидкости, а, следовательно, на численных значениях ν , a и D_{AB} . Известных значений коэффициентов молекулярного переноса в существующей литературе [9, 12, 14] приведено очень мало, к тому же значения коэффициента кинематической вязкости не связаны со скоростью сдвига, а значения коэффициента молекулярной диффузии растворенных кислорода и диоксида углерода в водных растворах мелассы, питательных солей и ростовых веществ и отсутствуют вовсе.

Решение этой задачи позволяет более обоснованно подойти к расчетам коэффициентов молекулярной диффузии CO_2 и O_2 в питательных средах для проведения массообменных расчетов аппаратов, предназначенных для воспроизводства биомассы в дрожжевой промышленности [9].

Перенос кислорода из газовой фазы (воздуха) к клетке и отвод диоксида углерода от клетки, а также тепловой энергии происходит через жидкую питательную среду, разделяющую газовую (пузырьки воздуха) и квазитвердую (клетки) фазы. Именно в ней сосредоточено основное сопротивление и теплопереносу, и массопереносу.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для дрожжевого производства в качестве питательной среды используются водные растворы мелассы с добавлением питательных солей. Очевидно, чем больше молекул «посторонних» веществ в воде, тем сильнее сказывается их присутствие в растворах на изменение скорости диффузии по отношению к скорости диффузии в «чистой» воде

[15]. В связи с тем, что количество питательных веществ в водном растворе (жидкостной фазе) неизбежно возрастет, то очевидно, что изменятся и ее физико-химические свойства.

В этой связи встала необходимость проведения комплексных исследований влияния химического состава питательной среды на коэффициенты переноса в широком диапазоне температур и концентраций мелассы, питательных солей и ростовых веществ [15].

Таблица 2 – Химический состав и некоторые свойства мелассы

Table 2 – Chemical composition and some properties of molasses

Показатель	Минимум	Максимум	Оптimum для культивирования дрожжей
1. Содержание, %			
- сухие вещества (СВ)	61	86	74
- содержание сахара по поляриметру	40	54	46...50
- инвертный сахар	0,1	10	не более 2
- раффиноза	-	3	не более 1
2. Сумма сбраживаемых сахаров, %			
- Общая сумма, Σ	40	57	46...50
- доброкачественность $\left(\frac{\Sigma 100}{СВ}\right)$	56	75	не менее 55
- зола (без кальция)	4	12	не менее 7
- K ₂ O	1	5,5	3,5
- MgO	0,001	1	-
- CaO	0,1	3	не более 1
- Na ₂ O ₄	1	1,4	-
3. Азот, %			
- общий	0,5	2,3	не менее 1,4
- аминный (до гидролиза)	0,1	0,6	не менее 0,3
- аминный (после гидролиза)	0,3	1,8	не менее 0,35
4. Летучие кислоты, %			
SO ₂	0,01	0,07	0,05

В данной статье представлены результаты исследования физических свойств водных растворов свекловичной мелассы. Свекловичная меласса является побочным продуктом сахарных производств. Химический состав и некоторые свойства мелассы представлен в таблице 2 [15].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В исследовании использовалась меласса, полученная с КПП г. Санкт-Петербург. Концентрация сухих веществ в исходном образце определялась при помощи рефрактометра и составляла 77,7 %. Из исходного образца было приготовлено 5 растворов различной концентрации в диапазоне от 15 до 60 % СВ путем разбавления дистиллированной водой. Массы мелассы и воды для приготовления растворов заданной концентрации

определялись в соответствии со следующими формулами:

$$m_B = \frac{V \cdot \rho_M \cdot (w_1 - w_2)}{\rho_M \cdot w_1 / \rho_B - \rho_M \cdot w_2 / \rho_B + w_2}, \quad (5)$$

$$m_M = (V - m_B / \rho_B) \rho_M,$$

где m_B – масса дистиллированной воды, г; m_M – масса мелассы исходной концентрации, г; V – требуемый объем получаемого раствора, мл; ρ_M – плотность мелассы исходной концентрации, г/см³; ρ_B – плотность воды, г/см³ (принимается равной 1 г/см³); w_1 , w_2 – исходная и конечная массовые доли СВ.

Содержание сухих веществ в полученных растворах контролировалось при помощи рефрактометра. Плотность исходного образца и растворов определялась с использованием ареометров.

Для измерения вязкости растворов всех концентраций использовался вискозиметр с падающим шариком HÖPPLER® KF 3.2. Измерения проводились в температурном диа-

КОМПЛЕКСНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА КУЛЬТИВИРОВАНИЯ ХЛЕБОПЕКАРНЫХ ДРОЖЖЕЙ ПРИ ВЫСОКИХ КОНЦЕНТРАЦИЯХ БИОМАССЫ.

1. ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СВЕКЛОВИЧНОЙ МЕЛАССЫ

пазоне 10–80 °С. Перед каждым экспериментом проба, залитая в опускающую трубу вискозиметра, термостатировалась в течение 20 минут для достижения заданной температуры. Каждый эксперимент при заданной температуре включал в себя 5 опытов, по результатам которых определялось среднее время падения шарика в пробе.

Кроме того, для образцов с концентрацией СВ 60,2 % и 77,7 % были проведены эксперименты по измерению вязкости на ротационном вискозиметре Rheotest RN 4.1. Измерения проводились в температурном диапазоне 10–70 °С и в диапазоне скоростей сдвига 1-500 с⁻¹. Для каждого эксперимента в измерительную ячейку отбиралась проба объемом 30 мл, после чего термостатировалась в течение 20 минут для достижения заданной температуры. Время одного экспери-

мента составляло 10 минут – по 1 минуте на каждое значение скорости сдвига.

На основе данных, полученных в результате измерений, были построены следующие графические зависимости: кривые течения, вязкостно-температурные кривые и кривые зависимости коэффициента динамической вязкости от скорости сдвига для растворов с концентрацией сухих веществ 60,2 % и 77,7 %, а также зависимость вязкости от содержания сухих веществ при различных температурах.

На рисунке 2 представлена зависимость напряжения сдвига от скорости сдвига при различных температурах для раствора с концентрацией сухих веществ 60,2 %. Как видно из графика, данная зависимость является линейной и проходит через начало координат, что характеризует данный раствор мелассы как ньютоновскую жидкость.

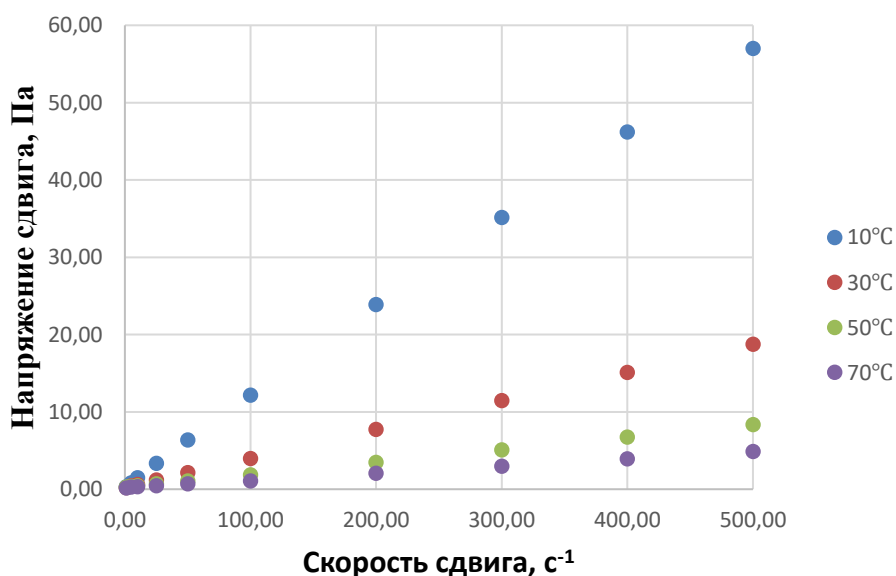


Рисунок 2 – Зависимость напряжения сдвига от скорости сдвига при различных температурах для раствора с концентрацией сухих веществ 60,2 %

Figure 2 – Dependence of shear stress on shear rate at different temperatures for a solution with a dry matter concentration of 60.2 %

Рисунок 3 иллюстрирует зависимость вязкости раствора мелассы с содержанием

СВ 60,2 % от скорости сдвига при различных температурах.

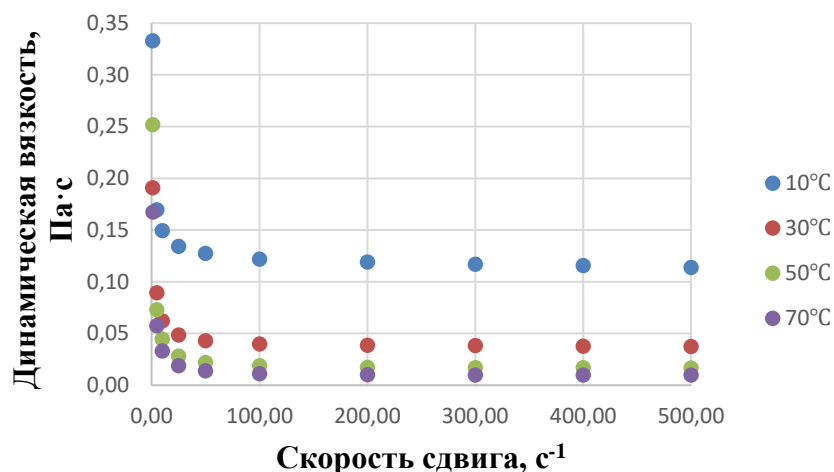


Рисунок 3 – Зависимость вязкости раствора мелассы с содержанием СВ 60,2 % от скорости сдвига при различных температурах

Figure 3 – Dependence of the viscosity of a molasses solution with a DM content of 60.2 % on the shear rate at different temperatures

Вязкость снижается с увеличением скорости сдвига от 1 с⁻¹ до 50 с⁻¹, при дальнейшем его увеличении значение коэффициента динамической вязкости остается практически постоянным. Таким образом, раствор при низких значениях скорости сдвига ведет себя как псевдопластичная жидкость, а при скоро-

стях выше 50 с⁻¹ – как ньютоновская жидкость.

Рисунок 4 показывает зависимость величины коэффициента динамической вязкости от температуры при различных скоростях сдвига. С ростом температуры вязкость мелассы снижается.

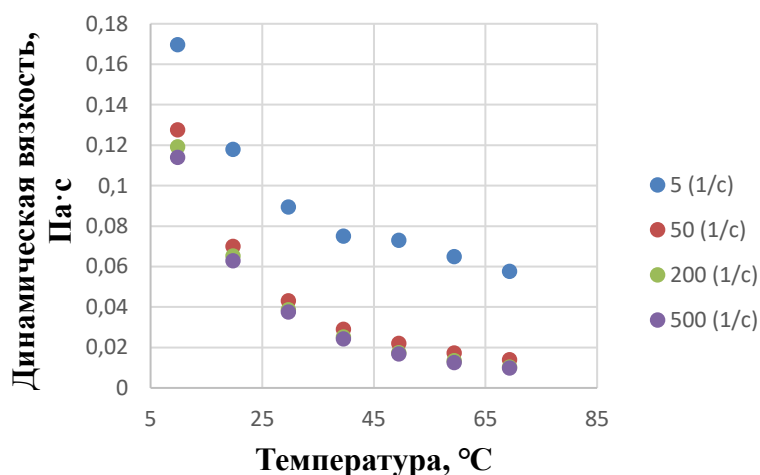


Рисунок 4 – Зависимость величины коэффициента динамической вязкости от температуры при различных скоростях сдвига

Figure 4 – Dependence of the value of the coefficient of dynamic viscosity on temperature at different shear rates

На рисунке 5 представлена зависимость коэффициента динамической вязкости растворов мелассы от концентрации сухих ве-

ществ при температуре 30 °C. Вязкость растворов растет с увеличением концентрации СВ.

КОМПЛЕКСНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА КУЛЬТИВИРОВАНИЯ ХЛЕБОПЕКАРНЫХ ДРОЖЖЕЙ ПРИ ВЫСОКИХ КОНЦЕНТРАЦИЯХ БИОМАССЫ.

1. ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СВЕКЛОВИЧНОЙ МЕЛАССЫ

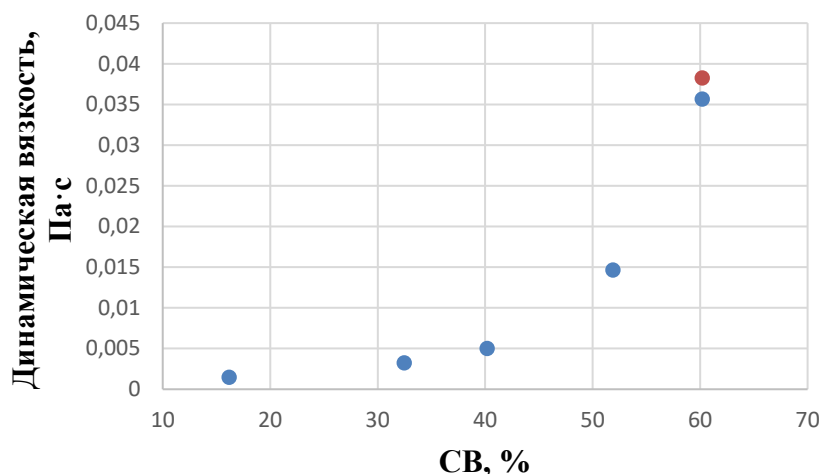


Рисунок 5 – Зависимость коэффициента динамической вязкости растворов мелассы от концентрации сухих веществ при температуре 30 °C

Figure 5 – Dependence of the coefficient of dynamic viscosity of molasses solutions on the concentration of dry substances at a temperature of 30 °C

Этот график построен на основе данных, полученных в результате измерения вязкости мелассных растворов при помощи вискозиметра Гепплера. Кроме того, на график нанесена точка, характеризующая значение вязкости раствора с концентрацией 60,2 % СВ при температуре 30 °C и скорости сдвига 300 с^{-1} , полученная в результате измерений на ротационном вискозиметре. Таким образом, сопоставляя значения, полученные на данных приборах, можно сделать вывод, что они дают схожие, а, следовательно, достоверные результаты.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе проведенного эксперимента проанализировали характер течения водных растворов мелассы при различном содержании сухих веществ. Получили численные значения коэффициентов динамической вязкости и их математической интерпретации в зависимости от варьирования температуры и концентрации СВ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гуляева Ю.Н. Исследование процесса культивирования хлебопекарных дрожжей при условиях высокой концентрации биомассы в кожухотрубном струйно-инжекционном ферментаторе (КСИФ) : дисс...канд.техн.наук. СПб, СПб ГАХПТ, 1998, 153 с.
2. Новоселов А.Г. Интенсификация массообмена между газом и жидкостью и разработка высокоэффективных аппаратов для пищевой и микробиологической промышленности :

дисс...докт.техн.наук. 2002. СПб, СПб ГУНИПТ. 365 с.

3. Патент № 2305464 С1 РФ, МПК А23L 2/54, В01F 5/04. Кожухотрубный ферментер с струйным впрыском: № 2006104371/15: Заявл. 13 февраля 2006 г. : опубл. 10.09.2007 / А.В. Сивенков, А.Г. Новоселов, Ю.Н. Гуляева; соискатель Санкт-Петербургский государственный университет низких температур и пищевых технологий.

4. Сивенков А.В., Дугнист А.В., Новоселов А.Г. Повышение эффективности дрожжевого производства за счет выращивания хлебопекарных дрожжей при высоких концентрациях биомассы // Хранение и переработка сельскохозяйственного сырья. 2009. № 11. С. 47–51.

5. Тишин В.Б., Новоселов А.Г., Меледина, Т.В. О скорости роста биомассы при культивировании в высококонцентрированных средах // Журнал прикладной химии. 1990. № 7. С. 1620–1621.

6. Tishin, V.B., Ismailova, Y.N. Mathematical Models of the Kinetics of the Cultivation of Microorganisms. Biophysics, 2018. V 63. № 2. P. 197–200.

7. Новоселов А.Г., Гуляева Ю.Н., Тишин В.Б., Темершин Д.Д. Энергетический обмен между клетками и питательной средой в аппарате для культивирования микроорганизмов // Низкотемпературные и пищевые технологии в XXI веке: IX Международная научно-техническая конференция, Санкт-Петербург, 13–15 ноября 2019 г. Санкт-Петербург : СПб. Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, 2019. С. 17–21.

8. Тишин В.Б., Новоселова А.Г., Анисимов С.А. Выращивание хлебопекарных дрожжей в высококонцентрированной среде // Межвузовский сборник научных трудов «Машины, агрегаты, процессы и устройства пищевой техники». Л.ЛТИХП, 1990. С. 22–27.

9. Новоселов А.Г., Дужий А.Б., Голикова, Е.Ю. Диффузия газов в жидкостях. 1. Коэффициенты молекулярной диффузии диоксида углерода в воде. Технологии и оборудование для производства пищевых продуктов. 2014. № 2. С. 19-25.

10. Saleem, M., Hossain, M.A., Saha, S.C., Gu Y.T. Heat transfer analysis of viscous incompressible fluid by combined natural convection and radiation in an open cavity. *Mathematical Problems in Engineering*. 2014. P. 141–148.

11. Сивенков А.В., Гуляева Ю.Н., Новоселов А.Г. Оценка массообменных характеристик при проектировании биосорбционных устройств для микробиологической промышленности // Вестник Международной академии холода. 2004. № 3. С. 45–47.

12. Vivian J.E., King C.J. Diffusivities of slightly soluble gases in water. *A. J. Ch. E.-J.* 1964. V. 10. No. 3. P. 220–221.

13. Baird M.H., Davidson J.E. Annular jets-1. *Fluid dynamics. Chem. Eng. Sci.* 1962. V. 17. P. 467–472.

14. Thome J.R., Cioncolini A. Introduction to two-phase flow and boiling in channels. In *Encyclopedia of Two-Phase Heat Transfer and Flow*. World Scientific Publishing, 2015. V. 3. P. 1–4.

15. Гаврилова А.Ю. Изучение параметров выращивания сухих хлебопекарных дрожжей из отходов сахарного производства свекловичной патоки // Актуальные проблемы современной науки : сборник статей по материалам VII международной научно-практической конференции. В 3-х частях. Минск, 8 ноября 2017. Минск : Общество с ограниченной ответственностью «Дендра», 2017. С. 138–143.

Информация об авторах

Е. В. Кравцова – к.т.н., преподаватель, факультет Биотехнологий, Университет ИТМО.

А. Г. Новоселов – д.т.н., преподаватель, факультет Биотехнологий, Университет ИТМО.

А. А. Федоров – аспирант, инженер, факультет Биотехнологий, Университет ИТМО.

С. А. Сорокин – аспирант, ассистент, факультет Энергетики и Экотехнологий, Университет ИТМО.

Е. А. Фомина – студент-магистр, факультет Биотехнологий, инженер, факультет Энергетики и Экотехнологий, Университет ИТМО.

О. А. Суздальцева – студент-магистр, факультет Биотехнологий, инженер, факультет Энергетики и Экотехнологий, Университет.

REFERENCES

1. Gulyaeva, Yu.N. (1998). Investigation of the process of cultivation of baker's yeast under conditions of high biomass concentration in a shell-and-tube jet-injection fermenter (KSIF). Candidate's thesis. SPb. (In Russ.).

2. Novoselov, A.G. (2002). Intensification of mass transfer between gas and liquid and the development of highly efficient devices for the food and microbiological industry. *Doctors thesis*. St. Petersburg. (In Russ.).

3. Sivenkov, A.V., Novoselov, A.G. and Gulyaeva, Yu.N. (2007). Jet Injection Shell and Tube Fermenter Pat. 2305464 *Russian Federation, publ. 09.10.2007* (In Russ.).

4. Sivenkov, A.V., Dugnist, A.V. and Novoselov A.G. (2009). Increasing the efficiency of yeast production by growing baker's yeast at high concentrations of biomass. *Storage and processing of agricultural raw materials*, (11), 47-51. (In Russ.).

5. Tishin, V.B., Novoselov, A.G. and Meledina, T.V. (1990). On the growth rate of biomass during cultivation in highly concentrated media. *Journal of Applied Chemistry*, (7), 1620-1621. (In Russ.).

6. Tishin, V.B. and Ismailova, Y.N. (2018). Mathematical Models of the Kinetics of the Cultivation of Microorganisms. *Biophysics*, 63(2), 197–200.

7. Novoselov, A.G., Gulyaeva, Yu.N., Tishin, V.B. and Temershin, D.D. (2019). Energy exchange between cells and the nutrient medium in the apparatus for the cultivation of microorganisms. *Low-temperature and food technologies in the XXI century: IX International Scientific and Technical Conference, St. Petersburg, November 13-15, 2019*. St. Petersburg: St. Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics. P. 17-21. (In Russ.).

8. Tishin, V.B., Novoselova, A.G. and Anisimov S.A. (1990). Cultivation of baker's yeast in a highly concentrated environment. *Interuniversity collection of scientific papers "Machines, units, processes and devices of food technology"*. Leningra: LTIHP, P. 22-27. (In Russ.).

9. Novoselov, A.G., Duzhiy, A.B. and Golikova, E.Yu. (2014). Diffusion of gases in liquids. 1. Coefficients of molecular diffusion of carbon dioxide in water. *Technologies and equipment for food production*, (2), 19-25. (In Russ.).

10. Saleem, M., Hossain, M.A., Saha, S.C. and Gu, Y.T. (2014). Heat transfer analysis of viscous incompressible fluid by combined natural convection and radiation in an open cavity. *Mathematical Problems in Engineering*, (412480), 141-148.

11. Sivenkov, A.V., Gulyaeva, Yu.N. and Novoselov, A.G. (2004). Assessment of mass transfer characteristics in the design of biosorption devices for the microbiological industry. *Bulletin of the International Academy of Cold*, (3), 45-47. (In Russ.).

12. Vivian, J.E. and King, C.J. (1964). Diffusivities of slightly soluble gases in water. *A. J. Ch. E.-J.*, 10(3), 220-221.

13. Baird, M.H. and Davidson, J.E. (1962). Annular jets-1. *Fluid dynamics. Chem. Eng. Sci.*, (17), 467-472.

КОМПЛЕКСНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА КУЛЬТИВИРОВАНИЯ ХЛЕБОПЕКАРНЫХ
ДРОЖЖЕЙ ПРИ ВЫСОКИХ КОНЦЕНТРАЦИЯХ БИОМАССЫ.

1. ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СВЕКЛОВИЧНОЙ МЕЛАССЫ

14. Thome, J.R. and Cioncolini, A. (2015). *Introduction to two-phase flow and boiling in channels*. In *Encyclopedia of Two-Phase Heat Transfer and Flow*. Hackensack: World Scientific Publishing.

15. Gavrilova, A.Yu. (2017). Study of the parameters of growing dry baker's yeast from wastes of sugar beet molasses production. *Actual problems of modern science: Collection of articles based on the materials of the VII international scientific and practical conference*. In 3 parts, Minsk, November 8. Minsk: Limited Liability Company "Dendra", P. 138-143. (In Russ.).

Information about the authors

E. V. Kravtsova – Candidate of Technical Sciences, Lecturer, Faculty of Biotechnology, ITMO University.

A. G. Novoselov – Doctor of Technical Sciences, Lecturer, Faculty of Biotechnology, ITMO University.

A. A. Fedorov – postgraduate student, engineer, Faculty of Biotechnology, ITMO University.

S. A. Sorokin – postgraduate student, Assistant, Faculty of Energy and Ecotechnology, ITMO University.

E. A. Fomina – master's student, Faculty of Biotechnology, Engineer, Faculty of Energy and Ecotechnology, ITMO University.

O. A. Suzdaltseva – master's student, Faculty of Biotechnology, Engineer, Faculty of Energy and Ecotechnology, University.

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare that there is no conflict of interest.*

Статья поступила в редакцию 03.06.2021; одобрена после рецензирования 12.09.2021; принята к публикации 17.09.2021.

The article was received by the editorial board on 03 June 21; approved after editing on 12 Sep 21; accepted for publication on 17 Sep 21.



Научная статья

05.18.01 – Технология обработки, хранения и переработки злаковых, бобовых культур, крупяных продуктов, плодоовощной продукции и виноградарства (технические науки)

УДК 663.051

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.03.007

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОЛУФАБРИКАТА ИЗ *ARMILLARIA BOREALIS* В ХЛЕБОПЕЧЕНИИ

Жанна Александровна Кох ¹, Денис Александрович Кох ²,
Юлия Александровна Литовка ³, Игорь Николаевич Павлов ⁴

^{1,3,4} Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, ФИЦ КНЦ, Красноярск, Россия

¹ jannetta-83@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4016-7596>

³ litovkajul@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5343-7896>

⁴ forester24@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7312-0933>

^{1,2} Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск, Россия

¹ jannetta-83@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4016-7596>

² dekoch@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3047-1386>

^{3,4} Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, Красноярск, Россия

³ litovkajul@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5343-7896>

⁴ forester24@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7312-0933>

Аннотация. Во всем мире пшеница является ведущим источником растительного белка в пище человека, поскольку в ней содержится больше белка, чем в кукурузе или рисе, других основных зерновых культурах. Базидиомицеты представляют собой наиболее развитый класс грибов, они способны синтезировать фармакологически релевантные вторичные метаболиты, натуральные ароматизаторы и востребованные ферменты. Благодаря своему биохимическому потенциалу, базидиомицеты являются идеальным инструментом для пищевой промышленности. Добавление грибного экстракта *Armillaria borealis* – это экономичный способ увеличить содержание биологически активных веществ в пшеничном хлебе. Вкус и аромат грибов *Armillaria borealis* также могут улучшить вкусовые качества хлеба. Целью данного исследования являлась возможность использования экстракта из мицелия *Armillaria borealis* в виде концентрата для повышения пищевой ценности пшеничного хлеба 1 сорта. Результаты, полученные экспериментальным путем, показали, что содержание легкогидролизуемых сахаров, в частности редуцирующих веществ, витаминов в концентрированном экстракте мицелия *Armillaria borealis* было выше, чем в экстракте мицелия *Armillaria borealis*, что является следствием концентрирования биохимических компонентов экстракта при определенном технологическом режиме концентрирования экстракта, биологически подкисленный хлеб характеризовался повышенным качеством, включая вкус, текстуру и срок годности. Добавление концентрата *Armillaria borealis* в рецептуру хлеба увеличивало водопоглощающую способность и время брожения теста, которое было связано со значительным снижением стабильности теста. Обогащение пшеничного хлеба 1 сорта концентратом *Armillaria borealis* вызвало значительные изменения в кислотности и влажности хлеба. Биологически подкисленный хлеб характеризовался повышенным качеством, включая вкус.

Ключевые слова: хлебопечение, обогащение, базидиомицеты, *Armillaria borealis*, концентрат, хлеб пшеничный 1 сорта, кислотность теста, брожение, биологически подкисленный хлеб.

Для цитирования: Использование полуфабриката из *Armillaria borealis* в хлебопечении / Ж. А. Кох [и др.]. // Ползуновский вестник. 2021. № 3. С. 54–60 .doi: 10.25712/ ASTU.2072-8921.2021.03.007.

Original article

USE OF SEMI-FINISHED *ARMILLARIA BOREALIS* IN BAKERY

Zhanna A. Koch ¹, Denis A. Koch ², Yulia A. Litovka ³, Igor N. Pavlov ⁴

^{1, 3, 4} Sukachev Institute of Forest SB RAS, Federal Research Center «Krasnoyarsk Science Center SB RAS», Krasnoyarsk, Russia

¹ jannetta-83@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4016-7596>

³ litovkajul@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5343-7896>

⁴ forester24@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7312-0933>

^{1, 2} Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russia

¹ jannetta-83@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4016-7596>

² dekoch@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3047-1386>

^{3, 4} Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk, Russia

³ litovkajul@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5343-7896>

⁴ forester24@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7312-0933>

Abstract. *Wheat is the leading source of plant protein in human food around the world because it contains more protein than corn or rice, other staple grains. Basidiomycetes are the most advanced class of fungi. They are capable of synthesizing pharmacologically relevant secondary metabolites, natural flavors and sought-after enzymes. Because of their biochemical potential, Basidiomycetes are perfect tool for the food industry. Adding Armillaria borealis mushroom extract is an economical way to increase the bioactive content of wheat bread. The purpose of this study was to investigate the possibility of using an extract from the mycelium of Armillaria borealis in the form of a concentrate to increase the nutritional value of 1st grade wheat bread. The results obtained experimentally showed that the content of easily hydrolyzable sugars, in particular reducing substances, vitamins in the concentrated extract of Armillaria borealis mycelium was higher than in the extract of Armillaria borealis mycelium which is a consequence of the concentration of the biochemical components of the extract at a certain technological mode of concentration of the extract, the biologically acidified bread was characterized by improved quality, including taste, texture and shelf life. The addition of Armillaria borealis concentrate to the bread formulation increased the water absorption capacity and fermentation time of the dough, which was associated with a significant decrease in the stability of the dough. Supplementation of 1st grade wheat bread with Armillaria borealis concentrate caused significant changes in the acidity and moisture content of the bread. The biologically acidified bread was characterized by improved quality, including flavor.*

Keywords: *baking, enrichment, basidiomycetes, Armillaria borealis, concentrate, wheat bread of the 1st grade, dough acidity, fermentation, biologically acidified bread.*

Для цитирования: Koch, Zh. A., Koch, D. A., Litovka, Yu. A. & Pavlov, I. N. (2021). Use of semi-finished *Armillaria Borealis* in bakery. *Polzunovskiy vestnik*, (3), 54-60. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.03.007.

Обогащение пищевых продуктов определяется как добавление одного или нескольких питательных веществ к пище для улучшения ее качества для людей, потребляющих обычно с целью уменьшения или контроля дефицита питательных веществ. В хлебе классической рецептуры недостаточно белка для питания человека. Базидиомицеты представляют собой наиболее развитый класс грибов. Они способны синтези-

ровать фармакологически релевантные вторичные метаболиты, натуральные ароматизаторы и востребованные ферменты. Благодаря своему биохимическому потенциалу базидиомицеты являются идеальным инструментом для пищевой промышленности [1, 2].

Во всем мире пшеница является ведущим источником растительного белка в пище человека, поскольку в ней содержится больше белка, чем в кукурузе или рисе, дру-

гих основных зерновых культурах. Хлеб – это основной продукт питания, который готовят путем приготовления теста из муки и воды, а часто и из дополнительных ингредиентов [3].

Грибы – это простые формы растительной жизни, богатый источник белков, витаминов и минералов. Низкое содержание в грибах углеводов и липидов делает их идеальной пищей для диабетиков и людей, которые хотят избавиться от лишнего веса [4–6].

Большинство съедобных разновидностей грибов принадлежит к семейству *Agaricaceae* класса базидиомицетов. Съедобные грибы занимают центральное место среди низших организмов. В развитых странах грибы стали одной из важнейших садовых культур. Производство грибов растет во всем мире. Грибы являются хорошим источником железа, меди, кальция, калия, витамина D, фолиевой кислоты, цинка и т. д. Специально отобранные штаммы сушеных грибов используются для производства грибных порошков и экстрактов. В настоящее время во всем мире используют грибы в качестве продуктов питания и лекарств. Принимая во внимание вышеизложенное, настоящее исследование было направлено на достижение следующих цели и задач. Добавление грибного экстракта *Armillaria borealis* – это экономичный способ увеличить содержание биологически активных веществ в пшеничном хлебе. Вкус и аромат грибов *Armillaria borealis* также могут улучшить вкусовые качества хлеба [7, 8].

Целью данного исследования являлась возможность использования экстракта из мицелия *Armillaria borealis* в виде концентрата для повышения пищевой ценности пшеничного хлеба 1 сорта.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Изучить биохимический состав экстракта из *Armillaria borealis* и полученного концентрата из него.

2. Разработать рецептуру хлеба пшеничного из муки 1 сорта с добавлением концентрата.

3. Провести анализ влияния концентрата на органолептические и физико-химические показатели хлеба пшеничного 1 сорта.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Сырьем для приготовления теста для хлеба была выбрана мука пшеничная 1 сорта, хлебопекарные прессованные дрожжи, соль, концентрат экстракта *Armillaria borealis*. Высушенный мицелий *Armillaria borealis* нарезали ножом на мелкие кусочки и экстрагиро-

вали с помощью экстрагента (водно-этанольной смесью) концентрацией 38 % при 55 °С в течение трех часов, содержащей 3 % соли и 0,01 % лимонной кислоты. Затем экстрагент сливали и концентрировали с отгонкой растворителя на роторном вакуум-выпарном испарителе при температуре 40 °С и давлении 0,06 МПа в течение 3 часов. После охлаждения до комнатной температуры концентрат экстракта *Armillaria borealis* разливали в емкости из темного стекла и плотно закрывали крышками для дальнейшего использования в качестве полуфабриката при производстве хлеба пшеничного 1 сорта. Биохимический анализ концентрата экстракта *Armillaria borealis* проводили по методикам, принятым в биохимии растений [3]. Общее содержание белка в концентрате определяли по методу Бузуна. Определение витаминов – по методикам Девяткина; суммарного количества углеводов – по методике Вознесенского. Количество зольных веществ определяли спектрофотометрическим методом; содержание и состав липидов – по методикам Кейтс [9, 10]. Пшеничное тесто готовили безопасным способом. В состав рецептуры хлеба пшеничного 1 сорта входило следующее сырье: пшеничная мука 1 сорта (100 %), вода, соль (1,5 % муки) и прессованные дрожжи (3 %). Образцы хлеба были приготовлены с использованием 5, 10, 15 и 20 % концентрата экстракта *Armillaria borealis* от массы муки. После выпечки оценивали органолептические и физико-химические показатели хлеба.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Биохимический состав полученного концентрата из экстракта мицелия *Armillaria borealis* приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Биохимический состав концентрата и экстракта мицелия *Armillaria borealis*

Table 1 – Biochemical composition of concentrate and extract of *Armillaria borealis* mycelium

Показатель	Содержание г/100 г сырой массы	
	Концентрат	Экстракт
1	2	3
Белок, %	9,25±0,03	7,75±0,05
Фенольные соединения, %	5,17±0,04	4,11±0,02
Липиды, %	4,05±0,04	3,27±0,02
Суммарное количество углеводов, %	89,58±0,03	63,27±0,08

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОЛУФАБРИКАТА ИЗ *ARMILLARIA BOREALIS* В ХЛЕБОПЕЧЕНИИ

Продолжение таблицы 1 / Table 1 cont.

Витамины:		
1	2	3
Аскорбиновая кислота (витамин С), мг	65,33±0,07	38,12±0,04
Тиамин (витамин В1), мг	2,65±0,05	0,45±0,02
Рибофлавин (витамин В2), мг	1,68±0,08	0,52±0,04
Ниацин (витамин В3), мг	8,85±0,04	4,52±0,04
Пиридоксин (витамин В6), мг	1,73±0,09	0,58±0,03
Фолиевая кислота (витамин В9), мг	22,87±0,07	15,24±0,05
Каротиноиды (в пересчете на β-каротин), мкг	114,21±0,03	87,35±0,04
Токоферол (витамин Е), мг	3,84±0,06	3,15±0,03

Содержание белка было самым высоким в концентрате экстракта мицелий *Armillaria borealis* и его количество отличалось в 1,5 раза. Из таблицы 1 содержание легкогидролизуемых сахаров, в частности редуцирующих веществ, витаминов в концентрированном экстракте мицелия *Armillaria borealis*, было выше, чем в экстракте мицелия *Armillaria borealis*, что является следствием концентрирования биохимических компонентов экстракта при определенном технологическом режиме. В связи с вышеизложенным, разработка научно обоснованной технологии приготовления хлеба с использованием концентрата экстракта мицелия *Armillaria borealis* является актуальным и имеет важное теоретическое и практическое значение.

Добавление концентрата экстракта мицелия *Armillaria borealis* в рецептуру хлеба в количестве от 5 до 20 % от массы муки увеличивало кислотность в зависимости от времени брожения теста. Повышение кислотности теста было отмечено в интервале брожения с 90 до 120 минут для всех образцов теста, но значительное повышение кислотности было характерно для образцов с 15 и 20 % концентрата экстракта мицелия *Armillaria borealis* от массы муки (рисунок 1). Химический состав хлеба с добавлением концентрата *Armillaria borealis* представлен в таблице 2.

Анализ, приведенный в таблице 2, показывает, что содержание белка в 5 % хлебе с концентратом *Armillaria borealis* от массы муки составляет 10,07 %. Кроме того, в результате было обнаружено, что хлеб с 10 % кон-

центра *Armillaria borealis* от массы муки содержит 10,74 %.

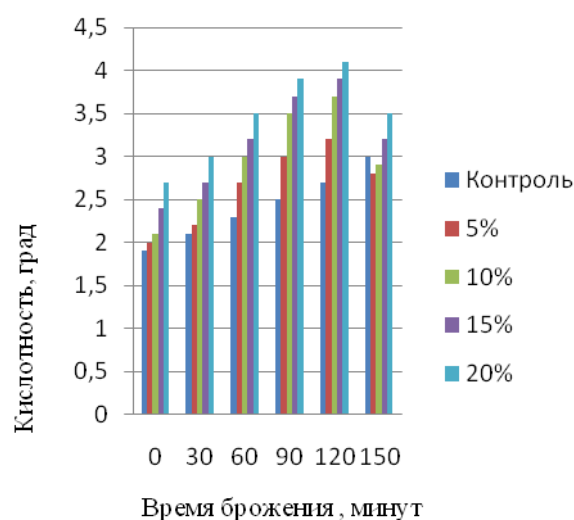


Рисунок 1 – Влияние концентрата экстракта мицелия *Armillaria borealis* на кислотность теста в процессе брожения

Figure 1 – Influence of *Armillaria borealis* mycelium extract concentrate on dough acidity during fermentation

Таблица 2 – Химический состав хлеба с добавлением концентрата *Armillaria borealis*

Table 2 – Chemical composition of bread with the addition of *Armillaria borealis* concentrate

Количество вносимого концентрата	Влажность, %	Белок, %	Липиды, %	Суммарное количество углеводов, %	Зола (%)
Контроль	15,05	7,9	1,5	48,3	1,45
5 %	16,04	10,07	9,20	72,87	1,82
10%	17,31	10,74	9,73	68,16	2,01
15%	17,54	11,40	10,10	68,76	2,20
20 %	19,36	11,45	10,15	68,54	2,23

Содержание белка в грибном хлебе увеличилось с 0,47 % до 1,8 % в хлебе с 5 % и 15 % концентрата *Armillaria borealis* от массы муки соответственно. Это увеличение содержания белка связано с добавлением в хлеб разного количества концентрата *Armillaria borealis*. Белок в пшенице и белок в грибах

ответственны за это повышение содержания белка в грибном хлебе.

Дегустационная оценка образцов хлеба пшеничного 1 сорта с добавлением концен-

трата экстракта мицелия *Armillaria borealis* (рисунок 2) проводилась по тридцатибалльной системе.

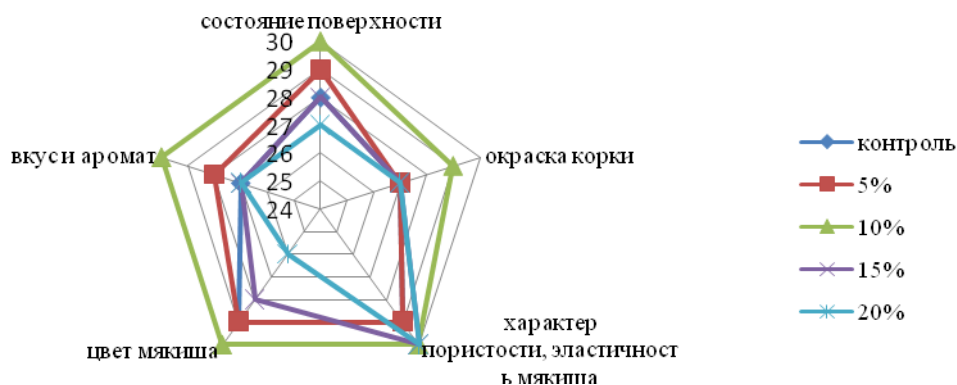


Рисунок 2 – Профильная диаграмма дегустационной оценки хлеба пшеничного 1 сорта с добавлением концентрата экстракта мицелия *Armillaria borealis*

Figure 2 – Profile diagram of the tasting assessment of wheat bread of the 1st grade with the addition of the extract concentrate of *Armillaria borealis* mycelium

В результате проведенной дегустационной оценки был сделан вывод об улучшении органолептических характеристик хлеба пшеничного 1 сорта с добавлением 10 % концентрата экстракта мицелия *Armillaria borealis* от массы муки.

Физико-химические показатели образцов хлеба из пшеничной муки 1 сорта обогащенных концентратом экстракта мицелия *Armillaria borealis* (таблица 3) определялись в соответствии с ГОСТ Р 58233-2018 [4].

Качественные характеристики хлеба, как было обнаружено, значительно улучшаются, когда добавляется 10 % концентрата экстракта мицелия *Armillaria borealis* от массы муки.

Выход хлеба зависит от количества воды, поглощенной мукой в процессе выпечки. Выход хлеба в проведенных исследованиях значительно увеличился при внесении концентрата *Armillaria borealis* в количестве 15 % и 20 % от массы муки.

Значительно меньший объем хлеба наблюдался при концентрации 5 %, тогда как более высокая пористость была характерна для хлеба, обогащенного 20 % долей концентрата *Armillaria borealis* от массы муки.

Обогащение пшеничного хлеба с помощью концентрата *Armillaria borealis* вызвало значительные изменения кислотности и влажности хлеба. Содержание влаги можно объяснить более высокой водопоглощающей способностью теста. Кислотность хлеба может быть увеличена путем внесения определенного количества концентрата *Armillaria borealis*.

Таблица 3 – Физико-химические показатели образцов хлеба из пшеничной муки 1 сорта, обогащенных концентратом экстракта мицелия *Armillaria borealis*

Table 3 – Physicochemical parameters of bread samples from 1st grade wheat flour, enriched with the extract concentrate of *Armillaria borealis* mycelium

Количество концентрата экстракта мицелия <i>Armillaria borealis</i> , %	Пористость, %	Влажность, %	Кислотность, град.
Контроль	69 ± 0,07	43,2 ± 0,03	3,0±0,05
5	70 ± 0,08	43,9 ± 0,02	2,8±0,03
10	71 ± 0,09	44,2 ± 0,04	2,9±0,06
15	72 ± 0,06	45,6 ± 0,07	3,2±0,07
20	74 ± 0,04	47,1±0,05	3,5±0,08

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты показали, что биологически подкисленный хлеб характеризовался повышенным качеством, включая вкус, текстуру и срок годности. Добавление концентрата *Armillaria borealis* в рецептуру хлеба увеличивало водопоглощающую способность и время брожения теста, которое было связано со

ПОЛЗУНОВСКИЙ ВЕСТНИК № 3 2021

значительным снижением стабильности теста. Обогащение хлеба пшеничной муки 1 сорта концентратом *Armillaria borealis* вызвало значительные изменения в кислотности и влажности хлеба. Биологически подкисленный хлеб характеризовался повышенным качеством, включая вкус. Результаты настоящего исследования могут помочь в разработке коммерческой технологии переработки для эффективного использования концентрата экстракта мицелия *Armillaria borealis*, особенно для производства хлеба.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Baumgartner K., Coetzee M.P., Hoffmeister, D. Secrets of the subterranean pathosystem of *Armillaria*. *Mol Plant Pathol.* 2011. 12 (6). 515–34.
2. Борисенко М.В., Кох Д.А. Использование полуфабриката из мелкоплодных яблок в производстве ржано-пшеничного хлеба // Инновационные тенденции развития российской науки. 2016. С. 3–5.
3. Еремеева Н.Б., Макарова Н.В. Изучение влияния предварительной обработки плодов и ягод ферментными препаратами на выход и антиоксидантную активность экстрактов // Вестник КамчатГТУ. 2018. № 43. С. 55–59.
4. Бухало А.С. Высшие съедобные базидиомицеты в чистой культуре. Киев, 1988. 144 с.
5. Павлов И.Н., Литовка Ю.А., Литвинова Е.А., Тимофеев А.А., Пашенова Н.В., Сафронова И.Е., Кулаков С.С., Мулява В.В., Мулява В.Е. *Armillaria borealis* Marxm. & Korhonen: распространение, фитопатогенность и морфолого-культуральные особенности // АгроЭкоИнфо. 2017. № 3 (29). С. 18.
6. Литвинова Е.А., Антипова Т.В., Баскунов Б.П., Желифонова В.П., Козловский А.Г., Литовка Ю.А., Павлов И.Н. Сибирские штаммы грибов рода *armillaria* – продуценты перспективных лекарственных препаратов из группы // Успехи медицинской микологии. 2018. Т. 19. С. 158–160.
7. Крячко Т.И., Малкина В.Д., Мартиросян В.В. Разработка стандартов организации для обеспечения качества и безопасности порошков из интродукционного растительного сырья обогащенного селеном // Инновационные исследования и разработки для научного обеспечения производства и хранения экологически безопасной сельскохозяйственной и пищевой продукции. Краснодар. 2019. С. 374–381.
8. Хамельман Дж. Хлеб. Технология и рецептуры. Пер. с англ. 2-е изд., перераб. и доп. СПб.: Профессия. 2017. 544 с.
9. Ушанова В.М., Лебедева, О.И., Девятловская, А.Н. Основы научных исследований. Красноярск, 2004. Ч. 3. 359 с.
10. Позняковский В.М. Гигиенические основы питания, безопасность и экспертиза продовольственных товаров. Новосибирск: Изд-во Новосибирского университета, 1999. 447 с.

Информация об авторах

Ж. А. Кох – научный сотрудник лаборатории лесных культур, микологии и фитопатологии Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, ФИЦ КНЦ, доцент кафедры технологии, оборудования бродильных и пищевых производств «Красноярский государственный аграрный университет».

Д. А. Кох – к.т.н., доцент кафедры технологии хлебопекарного, кондитерских и макаронных производств «Красноярский государственный аграрный университет».

Ю. А. Литовка – старший научный сотрудник лаборатории лесных культур, микологии и фитопатологии Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, ФИЦ КНЦ, д.б.н., профессор кафедры химической технологии древесины и биотехнологии «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева».

И. Н. Павлов – заведующий лабораторией лесных культур, микологии и фитопатологии, Института леса им. В. Н. Сукачева СО РАН, ФИЦ КНЦ, д.б.н., профессор, заведующий кафедры химической технологии древесины и биотехнологии «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева».

REFERENCES

1. Baumgartner, K., Coetzee, M.P. & Hoffmeister, D. (2011). Secrets of the subterranean pathosystem of *Armillaria*. *Mol Plant Pathol.* 12 (6). 515-34.
2. Borisenko, M.V. & Koh, D.A. (2016). The use of semi-finished products from small-fruited apples in the production of rye-wheat bread. *Innovative trends in the development of Russian science.* 3-5. (In Russ).
3. Eremeeva, N.B. & Makarova, N.V. (2018). Study of the effect of pretreatment of fruits and berries with enzyme preparations on the yield and antioxidant activity of extracts. *Bulletin of Kamchatka State Technical University.* (43), 55-59. (In Russ).
4. Bukhalo, A.S. (1988). Higher edible Basidiomycetes in pure culture. Kiev. (In Russ).
5. Pavlov, I.N., Litovka, Yu.A., Litvinova, E.A., Timofeev, A.A., Pashenova, N.V., Safronova, I.E., Kulakov, S.S., Mulyava, V.V. & Mulyava V.E. (2017). *Armillaria borealis* Marxm. & Korhonen: distribution, phytopathogenicity and morphological and cultural features. *Agro-EcolInfo.* 3 (29), 18. (In Russ).
6. Litvinova, E.A., Antipova, T.V., Baskunov, B.P., Zhelifonova, V.P., Kozlovsky, A.G., Litovka, Yu.A. & Pavlov, I.N. (2018). Siberian strains of fungi of the genus *armillaria*, producers of promising drugs from the group. *Advances in medical mycology.* (19), 158-160. (In Russ).

7. Kryachko, T.I., Malkina, V.D. & Martirosyan, V.V. (2019). Development of organizational standards to ensure the quality and safety of powders from introductory plant raw materials enriched with selenium. *Innovative research and development for scientific support of production and storage of environmentally friendly agricultural and food products*. Krasnodar. P. 374-381. (In Russ).

8. Bread, J. Hamelman. (2017). *Technology and recipes*. Per. from English 2nd ed., Revised and enlarged. SPb. : Profession. (In Russ).

9. Ushanova, V.M., Lebedeva, O.I. & Devyatlovskaya, A.N. (2004). *Fundamentals of scientific research*: Krasnoyarsk. 3-359. (In Russ).

10. Poznyakovsky, V.M. (1999). *Hygienic Basics of Nutrition, Safety and Expertise of Food Products*. Novosibirsk: Novosibirsk University Press (in Russ).

Information about the authors

Zh. A. Koch – researcher of the Laboratory of Forest Crops, Mycology and Phytopathology (Sukachev Institute of Forest SB RAS, Federal Research Center «Krasnoyarsk Science Center SB RAS»), Associate Professor of the Department of Technology, Equipment for Fermenta-

tion and Food Production (Krasnoyarsk State Agrarian University).

D. A. Koch – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technology of Bakery, Confectionery and Macaroni Production (Krasnoyarsk State Agrarian University).

Yu. A. Litovka – senior researcher of the Laboratory of Forest Cultures, Mycology and Phytopathology (Sukachev Institute of Forest SB RAS, Federal Research Center «Krasnoyarsk Science Center SB RAS»), Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Chemical Technology of Wood and Biotechnology (Reshetnev Siberian State University of Science and Technology).

I. N. Pavlov – head of the laboratory of forest cultures, mycology and phytopathology, (Sukachev Institute of Forest SB RAS, Federal Research Center «Krasnoyarsk Science Center SB RAS»), Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of Chemical Technology of Wood and Biotechnology (Reshetnev Siberian State University of Science and Technology).

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare that there is no conflict of interest.*

Статья поступила в редакцию 11.06.2021; одобрена после рецензирования 10.09.2021; принята к публикации 17.09.2021.

The article was received by the editorial board on 11 June 21; approved after editing on 10 Sep 21; accepted for publication on 17 Sep 21.



Научная статья

05.18.01 – Технология обработки, хранения и переработки злаковых, бобовых культур, крупяных продуктов, плодоовощной продукции и виноградарства (технические науки)

УДК 664.681.1

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.03.008

РАЗРАБОТКА БЕЗГЛЮТЕНОВОГО ПЕЧЕНЬЯ С УЛУЧШЕННЫМИ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИМИ СВОЙСТВАМИ

Надежда Сергеевна Санжаровская ¹, Ольга Петровна Храпко ²,
Валентина Игоревна Коломиец ³

^{1, 2, 3} Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина, Краснодар, Россия

¹ hramova-n@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8403-7892>

² hrapko_op@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8453-1735>

³ mironova170297@rambler.ru

Аннотация. В статье научно обоснована целесообразность производства мучных кондитерских изделий специального назначения. Целью исследования является изучение свойств безглютеновых мучных смесей, определение их дальнейшего использования в производстве рецептурной композиции безглютенового песочного печенья специального назначения. Выполнен сравнительный анализ биологической ценности белка, технологических и функциональных параметров качества отобранных образцов муки (рисовая, кукурузная, нуттовая и мука из зеленой гречки). Подобрано соотношение отобранных образцов муки в безглютеновых мучных смесях. Определен аминокислотный состав и рассчитана биологическая ценность белка разработанных безглютеновых мучных смесей. Установлено, что оптимизированные мучные смеси содержат большое количество незаменимых аминокислот. В рецептуре песочного печенья доказана возможность замены традиционно используемой муки пшеничной высшего сорта на безглютеновые виды сырья. Показано, что при полной замене пшеничной муки безглютеновой смесью достигается сбалансированность сенсорных характеристик. Основным преимуществом научного исследования является разработка новых видов аглютеновых изделий, что позволит использовать их в качестве специализированной пищевой продукции в рационе питания для людей больных целиакией.

Ключевые слова: глютен, безглютеновые мучные смеси, аминокислотный состав, печенье, качество.

Для цитирования: Санжаровская, Н. С., Храпко, О. П., Коломиец, В. И. Разработка безглютенового печенья с улучшенными потребительскими свойствами // Ползуновский вестник. 2021. № 3. С. 61–67. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.03.008.

Original article

DEVELOPMENT OF GLUTEN-FREE COOKIES WITH IMPROVED CONSUMER PROPERTIES

Nadezhda S. Sanzharovskaya ¹, Olga P. Hrapko ², Valentine I. Kolomiets ³

^{1, 2, 3} Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia

¹ hramova-n@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8403-7892>

² hrapko_op@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8453-1735>

³ mironova170297@rambler.ru

© Санжаровская, Н. С., Храпко, О. П., Коломиец, В. И., 2021

Abstract. We scientifically substantiate the feasibility of the production of flour confectionery products for special purposes. The purpose of our study is to study the properties of gluten-free flour mixtures, to determine their further use in the production of a recipe composition of gluten-free shortbread cookies for special purposes. A comparative analysis of the biological value of protein, technological and functional quality parameters of the selected flour samples (rice, corn, chickpea and green buckwheat flour) was performed. The ratio of the selected flour samples in gluten-free flour mixtures was selected. The amino acid composition was determined and the biological value of the protein of the developed gluten-free flour mixtures was calculated. It was found that the optimized flour mixtures contain a large number of essential amino acids. The formulation of shortbread cookies proves the possibility of replacing the traditionally used wheat flour of the highest grade with gluten-free raw materials. It is shown that, when wheat flour is completely replaced with a gluten-free mixture, a balance of sensory characteristics is achieved. The main advantage of the scientific research is the development of new types of gluten-free products, which will allow to use them as specialized food products in the diet for people with celiac disease.

Keywords: gluten, gluten-free flour mixtures, amino acid composition, cookies, quality.

For citation: Sanzharovskaya, N. S., Hrapko, O. P. & Kolomiets, V. I. (2021). Development of gluten-free cookies with improved consumer properties. *Polzunovskiy vestnik*, (3), 61-67. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.03.008.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из приоритетных направлений создания новых пищевых продуктов является моделирование и внедрение новых технологий продуктов специализированного назначения, которые направлены на профилактику алиментарнозависимых заболеваний, например, целиакии и непереносимости глютена. На сегодняшний день выделено три формы непереносимости глютена – белка, имеющегося в пшенице, ржи и ячмене. Общеизвестной является целиакия – хроническое заболевание, характеризующееся повреждением слизистой оболочки тонкого кишечника глютеном, растительным белком, который содержится в злаковых культурах [1, 2].

Аллергическая реакция на глютен является второй формой непереносимости данного компонента. Кроме того, в последние годы зарубежные и отечественные ученые стали выделять третью форму непереносимости – нецелиакичную, неаллергическую непереносимость глютена. При этом большинство исследователей приходят к выводу, что распространенность пациентов с третьей формой значительно превышает число людей с заболеванием целиакией [3, 4].

В связи с многообразием клинических проявлений глютеновой энтеропатии (ГЭ), в том числе внекишечных ее признаков, выделяют ассоциированные с ГЭ заболевания: болезни печени, поджелудочной железы, щитовидной железы, сахарный диабет, остеопороз, дерматит, псориаз, псориатический артрит, железодефицитную анемию, признаки витаминной недостаточности, неврологические нарушения и т. д. [5].

В настоящее время известным способом лечения людей с ГЭ остается строгая диета, полностью исключающая глютен пшеницы, ржи, овса, ячменя и их гибридов в любых продуктах. Диета является пожизненной [6–8].

На отечественном рынке представлено большое разнообразие безглютеновой продукции, однако следует отметить, что большинство изделий изготовлено с использованием кукурузной и рисовой муки в сочетании с крахмалом. Широкое распространение данного сырья обусловлено его функциональными свойствами и способностью придавать определенные структурные и механические характеристики безглютеновым мучным изделиям без каких-либо дополнительных структурообразующих веществ. Недостатком данного сырья является высокое содержание крахмала и пониженная пищевая и биологическая ценность [9].

В последнее время на рынке безглютеновой муки производители предлагают большое количество альтернативного сырья в качестве замены традиционной рисовой и кукурузной муки [10].

Способом обогащения химического состава безглютеновых мучных кондитерских изделий и повышения их потребительских свойств может стать использование муки из нута и из зеленой гречки, интерес к которой активно растет.

МЕТОДЫ

Среди различных групп мучных кондитерских изделий достаточно широкой популярностью пользуются различные виды печенья. Поэтому перед нами встала задача разработать рецептуру печенья для всех

РАЗРАБОТКА БЕЗГЛЮТЕНОВОГО ПЕЧЕНЬЯ С УЛУЧШЕННЫМИ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИМИ СВОЙСТВАМИ

слоев населения, в том числе для больных целиакией.

Целью исследования является изучение свойств безглютеновых мучных смесей, определение их дальнейшего использования в производстве рецептурной композиции безглютенового песочного печенья специального назначения.

Согласно цели решались следующие задачи:

- выполнить сравнительный анализ биологической ценности белка, технологических и функциональных параметров качества отобранных образцов муки (рисовая, нутовая, кукурузная и мука из зеленой гречки);
- определить соотношение отобранных образцов муки в безглютеновых мучных смесях;
- рассчитать аминокислотный состав и определить биологическую ценность безглютеновых мучных смесей;
- изучить органолептические и физико-химические показатели безглютенового песочного печенья.

В ходе проведения эксперимента было предложено полностью заменить пшеничную муку безглютеновой мучной смесью в рецептуре песочного печенья.

В качестве объектов исследования были использованы образцы безглютеновой муки: мука нутовая (ТУ 9293-009-8975-1414-10), мука кукурузная (ГОСТ 14176-69), мука рисовая (СТО 53548590-019-2013), мука из

зеленой гречки (ТУ 9293-002-43175543-03), безглютеновые мучные смеси и готовые образцы безглютенового печенья.

В исследовании использовались общепринятые методы органолептической оценки и физико-химического анализа (в трех повторностях).

Подбор оптимальных соотношений отобранных образцов муки в мучных смесях без глютена осуществляли с помощью программы Microsoft Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Основной проблемой создания мучной кондитерской продукции из песочного теста с заданным комплексом свойств является сложный процесс обеспечения наиболее полной сбалансированности и структурированности продукции. Значительная роль для решения этой проблемы отводится правильному выбору сырьевой базы [11].

Повышение потребительских свойств и биологической ценности мучных кондитерских изделий является важнейшей задачей при проектировании рецептур. При этом важнейшую роль играет качество используемого растительного белка.

Оценку биологической ценности опытных образцов изучали путем определения аминокислотного состава белка и расчета аминокислотного сора (таблица 1).

Таблица 1 – Биологическая ценность исследуемых образцов муки

Table 1 – Biological value of the studied flour samples

Образец	Валин	Лизин	Метионин (+цистин)	Триптофан	Изолейцин	Лейцин	Треонин	Фенилаланин (+тирозин)	Сумма НАК	Первая лимитирующая аминокислота
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Эталон ФАО/ВОЗ, г/100г белка	5,0	5,5	3,5	1,0	4,0	7,0	4,0	6,0	36,0	
Пшеничная: аминокислота, г/100 г белка	4,6	2,65	2,96	1,12	3,82	6,98	2,60	8,29	33,02	Лизин – 48,2
аминокислотный скор, %	92,0	48,2	84,6	112,0	95,5	99,7	65,0	138,2	-	
Рисовая: аминокислота, г/100 г белка	4,09	3,8	3,43	1,4	3,6	8,8	3,5	8,64	37,26	Лизин – 69,1
аминокислотный скор, %	81,8	69,1	98,0	140,0	90,0	125,7	87,5	144,0	-	
Нутовая: аминокислота, г/100 г белка	5,3	7,2	2,1	0,9	4,3	8,2	4,0	8,6	40,5	Метионин (+цистин) – 60,9
аминокислотный скор, %	105,8	130,4	60,9	92,0	106,3	117,1	100,0	142,7	-	

Продолжение таблицы 1 / Table 1 cont.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Кукурузная: аминокислота, г/100 г белка	3,9	3,06	2,82	0,89	3,1	10,1	2,7	7,8	34,37	Лизин – 55,6
аминокислотный скор, %	78,0	55,6	80,6	89,0	77,5	144,3	67,5	130,0	-	
Мука из зеленой гречки: аминокислота, г/100 г белка	4,7	5,1	4,1	1,6	3,5	6,1	3,5	8,3	36,9	Лейцин – 87,1
аминокислотный скор, %	94,0	92,7	117,1	160,0	87,5	87,1	87,5	138,3	-	

Данный анализ аминокислотного сора безглютеновых видов сырья показал, что мука нуттовая, рисовая и из зеленой гречки по сумме незаменимых аминокислот превышают сумму НАК эталона ФАО/ВОЗ.

Сравнивая безглютеновые образцы муки с традиционной пшеничной мукой, следует

отметить их более сбалансированный аминокислотный состав, поэтому планируется использовать все виды аглютеновой муки при создании оптимизированных мучных смесей.

Оценка технологических и функциональных свойств исследуемых образцов муки представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Технологические и функциональные свойства исследуемых образцов муки

Table 2 – Technological and functional properties of the test samples of flour

Показатель	Вид муки				
	Пшеничная мука высшего сорта	Рисовая	Нуттовая	Кукурузная	Мука из зеленой гречки
Белизна, у.е.	52,30±1,3	60,25±2,3	16,20±1,1	13,70±0,9	28,40±2,2
Число падения, сек.	310,0±5,2	351,0±9,7	453,0±11,6	435,0±10,8	922,0±15,5
Влажность, %	13,56±0,2	13,00±0,3	10,30±0,1	11,75±0,2	11,58±0,3
Кислотность, град	3,1±0,01	1,9±0,02	12,2±0,18	5,00±0,08	8,3±0,93
Водосвязывающая способность, %	78,3±2,3	120,1±4,2	195,4±5,6	116,3±6,2	124,5±3,8
Жирсвязывающая способность, %	95,0±3,1	107,5±3,8	198,6±6,2	102,5±4,1	117,3±3,7

Белизна всех видов муки, за исключением рисовой, значительно ниже по сравнению с пшеничной мукой, что можно объяснить отличием цвета эндосперма различных зерновых культур, а также большим содержанием в ней периферийных частиц.

Число падения (ЧП) – показатель, который характеризует активность амилолитических ферментов в исследуемых образцах муки, незначительно выше муки пшеничной,

исключение составляет мука из зеленой гречки – с высоким ЧП (922 с).

Как показали наши исследования, отобранные образцы муки имеют более высокую жиро- и водосвязывающую способность по сравнению с пшеничной мукой.

Следующим этапом проведения эксперимента стало моделирование безглютеновых мучных смесей (БМС). Было предложено пять вариантов смесей (таблица 3).

Таблица 3 – Соотношение разных видов муки в экспериментальных образцах

Table 3 – The ratio of different types of flour in experimental samples

Вариант	Нуттовая мука, %	Рисовая мука, %	Кукурузная мука, %	Мука из зеленой гречки, %
БМС 1	30	–	30	40
БМС 2	20	–	30	50
БМС 3	20	20	20	40
БМС 4	30	30	–	40
БМС 5	20	30	–	50

РАЗРАБОТКА БЕЗГЛЮТЕНОВОГО ПЕЧЕНЬЯ С УЛУЧШЕННЫМИ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИМИ СВОЙСТВАМИ

На основе данных об общем количестве белка и незаменимых аминокислот был про-

веден анализ биологической ценности в данных композициях (рисунки 1–2).

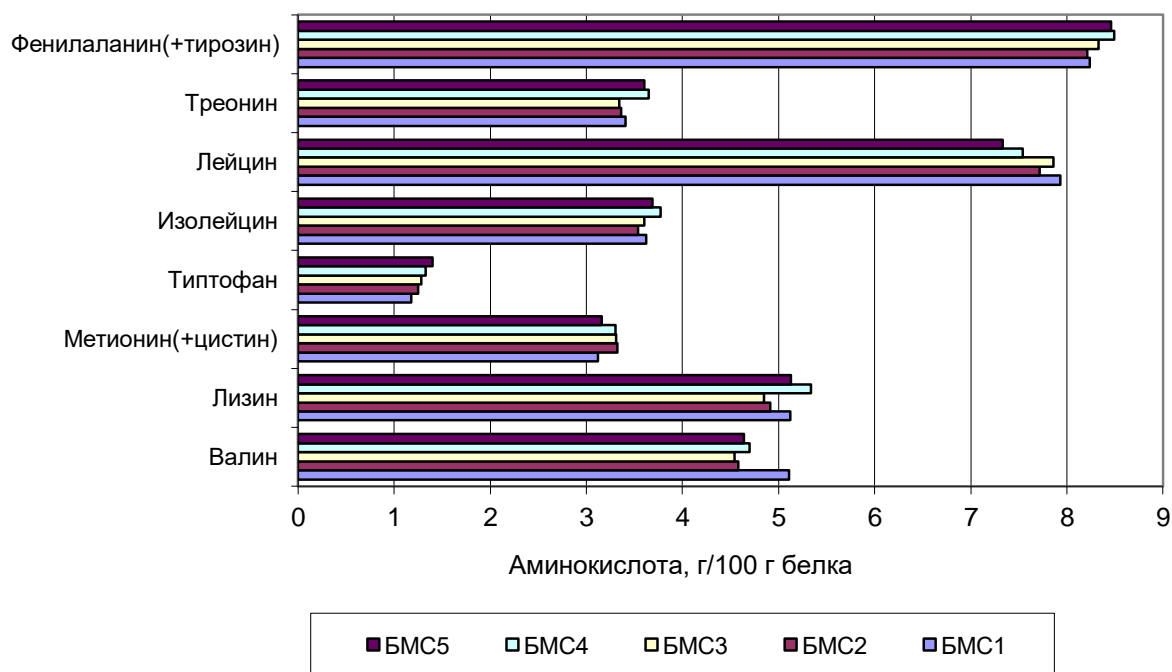


Рисунок 1 – Аминокислотный состав экспериментальных образцов

Figure 1 – Amino acid composition of experimental samples

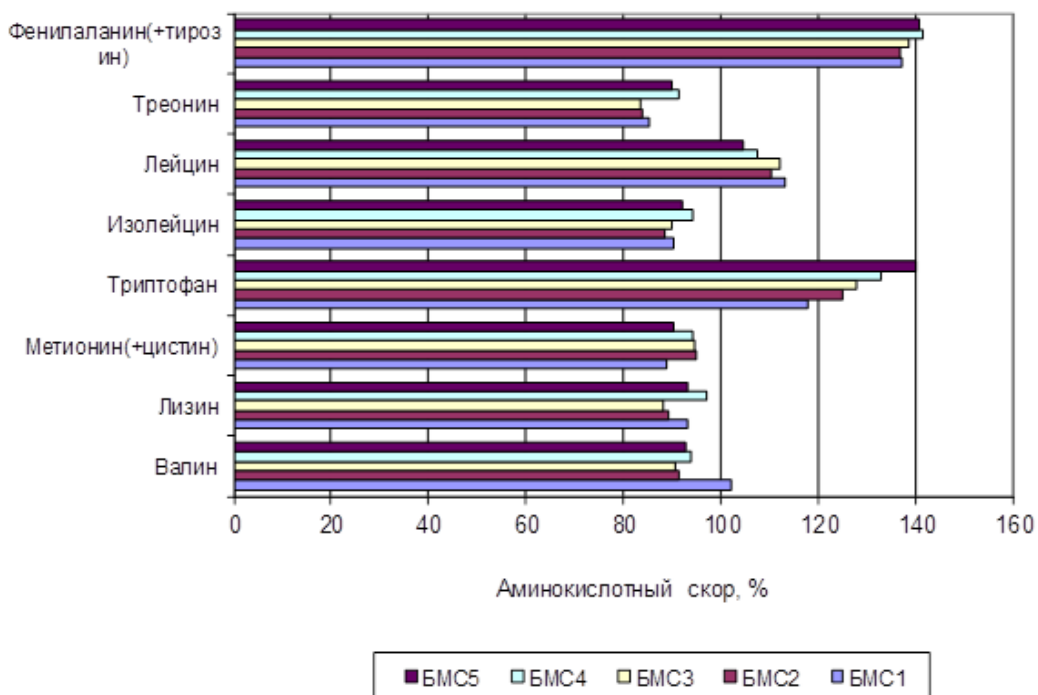


Рисунок 2 – Аминокислотный скор экспериментальных образцов

Figure 2 – Amino acid rate of experimental samples

Анализ аминокислотного состава безглютеновых мучных смесей показал, что самой неполноценной является БМС 2, здесь сумма НАК составила 36,89, лимитирующие аминокислоты лизин, изолейцин и треонин.

Наибольшая биологическая ценность белка установлена в БМС 1 и БМС 4. Оптимизированные мучные смеси содержат высокое количество незаменимых аминокислот.

На основе разработанных композиций осуществлены пробные выпечки безглютенового печенья в лабораторных условиях.

По результатам дегустационной оценки были выделены образцы печенья, выпечен-

ные из БМС 2 и БМС 3, получившие максимальное количество баллов. Данные образцы характеризовались правильной формой, гармоничным вкусом и ароматом, свойственным для сдобного печенья, без посторонних запахов и привкусов. Поверхность не подгорела, без вкраплений и крошек. Цвет равномерный, свойственный этому виду изделия.

Образцы печенья, выработанные из смесей БМС 1 и 4, получили наиболее низкую оценку дегустаторов, т.к. у печенья наблюдался выраженный гороховый привкус, и ухудшилась структура изделий.

Физико-химические показатели качества по всем вариантам представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Физико-химические показатели качества безглютеновых образцов печенья

Table 4 – Physicochemical indicators of the quality of gluten-free cookie samples

Показатель	Образец				
	БМС 1	БМС 2	БМС 3	БМС 4	БМС 5
Массовая доля влаги, %	5,62±0,2	5,48±0,1	5,52±0,1	5,55±0,2	5,38±0,2
Щелочность, град.	1,55±0,05	1,55±0,05	1,56±0,05	1,54±0,05	1,55±0,05
Намокаемость, %	140±1,2	155±1,6	148±1,3	142±1,4	159±1,3

Результаты физико-химических исследований безглютеновых образцов печенья показали, что значение щелочности изделий практически не изменялось. Показатель массовой доли влаги находился в пределах 5,38–5,62 %, а намокаемости – 140–159 %.

По комплексу сенсорных и физико-химических свойств были отобраны образцы печенья изготовленные на основе безглютеновых смесей БМС 2 и БМС 3.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изучены свойства безглютеновых видов муки. Выявлены и обоснованы оптимальные соотношения отобранных образцов муки в безглютеновых мучных смесях. Печенье, приготовленное на основе смоделированных безглютеновых мучных смесей, характеризуется высокими потребительскими свойствами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Краєвська С., Стеценко Н. Формування вітчизняного ринку безглютенових харчових продуктів // Товари і ринки. 2018. № 4. С. 36–46. DOI: [https://doi.org/10.31617/tr.knute.2018\(28\)03](https://doi.org/10.31617/tr.knute.2018(28)03).
2. Кондратьева Е.И., Янкина Г.Н. HLA – маркеры целиакии и их влияние на течение заболевания // Вопросы детской диетологии. 2011. Т. 9. № 2. С. 73–74.
3. Tonutti, E., Bizzaro N. Diagnosis and classifica-

tion of celiac disease and gluten sensitivity // Autoimmun. Rev. 2014. Vol. 13. № 4–5. P. 472–476.

4. Меренкова С.П., Потороко И.Ю., Контонистова Ю.С. [и др.]. Подходы в технологии производства продуктов питания для диетотерапии населения с глютеновой энтеропатией // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». 2020. Т.8. № 1. С. 81–93. DOI: <https://doi.org/10.14529/food200110>.
5. Ревнова М.О., Шаповалова Н.С. Целиакия как аутоиммунное заболевание // Вопросы детской диетологии. 2015. № 3. С. 33–39.
6. Белоусова О.Ю. Целиакия: эволюция взглядов на классификацию и подходы к диагностике // Педиатрия. Восточная Европа. 2017. Т. 5. № 3. С. 331–341.
7. Ivarsson A., Persson L., Nystrom L. [et al.]. Epidemic of coeliac disease in Swedish children // Acta Paediatr. 2000. № 89 (2). P. 165–167.
8. Горгун Ю.В., Портянко А.С. Клинико-морфологическая диагностика целиакии // Медицинские новости. 2007. № 10. С. 31–35.
9. Егорова Е.Ю., Резниченко И.Ю. Разработка пищевого концентрата – полуфабриката безглютеновых кексов с амарантовой мукой // Техника и технология пищевых производств. 2018. Т. 48. № 2. С. 36–45. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-2-36-45>.
10. Щетинин М.П., Ходырева З.Р. Формирование рецептурного состава бисквитного безглютенового полуфабриката // Хранение и переработка сельхозсырья. 2019. № 1. С. 106–115.
11. Меренкова С.П., Боган В.И., Арапова Д.А. [и др.]. Обоснование применения композиций безглютеновых видов муки в технологии бисквитного

РАЗРАБОТКА БЕЗГЛЮТЕНОВОГО ПЕЧЕНЬЯ С УЛУЧШЕННЫМИ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИМИ СВОЙСТВАМИ

полуфабриката // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». 2019. Т. 7. № 1. С. 12–20.

Информация об авторах

Н. С. Санжаровская – к.т.н., доцент кафедры технологии хранения и переработки растениеводческой продукции ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина».

О. П. Храпко – к.т.н., доцент кафедры технологии хранения и переработки растениеводческой продукции ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина».

В. И. Коломиец – магистрант ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина».

REFERENCES

1. Kraevskaya, S. & Stetsenko, N. (2018). Formation of the domestic market of gluten-free food products. *Products and markets*. (4), 36-46. DOI: [https://doi.org/10.31617/tr.knute.2018\(28\)03](https://doi.org/10.31617/tr.knute.2018(28)03).
2. Kondratieva, E.I. & Yankina, G.N. (2011). HLA markers of celiac disease and their influence on the course of the disease. *Questions of children's dietetics*. (2), 73-74. (In Russ).
3. Tonutti, E. & Bizzaro, N. (2014). Diagnosis and classification of celiac disease and gluten sensitivity. *Autoimmun. Rev.* (4-5), 472-476.
4. Merenkova, S.P., Potoroko, I.Yu. & Kontonistova, Yu.S. [et al.]. (2020). Approaches in food production technology for diet therapy of the population with gluten entropathy. *Bulletin of SUSU. The series "Food and Biotechnology"*. (1), 81-93. DOI: <https://doi.org/10.14529/food200110>. (In Russ).
5. Revnova, M.O. & Shapovalova, N.S. (2015). Celiac disease as an autoimmune disease. *Questions of children's dietetics*. (3), 33-39. (In Russ).

6. Belousova, O.Yu. (2017). Celiac disease: the evolution of views on classification and approaches to diagnosis. *Pediatrics. Eastern Europe*. (3), 331-341. (In Russ).

7. Ivarsson, A., Persson, L. & Nystrom, L. [et al.]. (2000). Epidemic of coeliac disease in Swedish children. *Acta Paediatr.* (2), 165-167.

8. Gorgun, Yu.V. & Portyanko, A.S. (2007). Clinicomorphological diagnosis of celiac disease. *Medical news*. (10), 31-35. (In Russ).

9. Egorova, E.Yu. & Reznichenko, I.Yu. (2018). Development of a food concentrate-a semi-finished product of gluten-free cupcakes with amaranth flour. *Technique and technology of food production*. (2), 36-45. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-2-36-45>. (In Russ).

10. Shchetinin, M.P. & Khodyreva, Z.R. (2019). Formation of recipe composition of biscuit gluten-free semi-finished product. *Storage and processing of agricultural raw materials*. (1), 106-115. (In Russ).

11. Merenkova, S.P., Bogan, V.I. & Arapova, D.A. [et al.]. (2019). Justification of the use of gluten-free flour compositions in the technology of biscuit semi-finished products. *Bulletin of SUSU. The series "Food and Biotechnology"*. (1), 12-20. (In Russ).

Information about the authors

N. S. Sanzharovskaya – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Storage Technology and Processing of Plant Growing Products of Kuban State Agrarian University.

O. P. Hrapko – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Storage Technology and Processing of Plant Growing Products of Kuban State Agrarian University.

V. I. Kolomiets – master's student of Kuban State Agrarian University.

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare that there is no conflict of interest.*

Статья поступила в редакцию 22.06.2021; одобрена после рецензирования 10.09.2021; принята к публикации 17.09.2021.

The article was received by the editorial board on 22 June 21; approved after editing on 10 Sep 21; accepted for publication on 17 Sep 21.



Научная статья

05.18.01 – Технология обработки, хранения и переработки злаковых, бобовых культур, крупяных продуктов плодовоовощной продукции и виноградарства (технические науки)

УДК 664.87

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.03.009

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ СОДЕРЖАНИЯ СЕЛЕНА В РАСТИТЕЛЬНОМ СЫРЬЕ

Светлана Михайловна Пономарева¹, Марина Игоревна Лындина²,
Ирина Викторовна Протункевич³

^{1, 2, 3} Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи»,
Измайлово, Россия

¹ sv.m.ponomareva@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-0464-1812>

² lyndina58@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0570-4739>

³ niippspt@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-9514-4135>

Аннотация. Микроэлемент селен является необходимым нутриентом для нормального функционирования организма человека. Соединения этого микроэлемента защищают клеточные мембраны от окислительного разрушения, катализируют промежуточные реакции в метаболизме, понижают токсичность некоторых тяжелых металлов. Витамины С и Е совместно с селеном усиливают свои антиоксидантные свойства и эффективно предупреждают окисление в клетках и тканях. Кроме того, селен способен предохранять нуклеиновые кислоты от повреждений. Этот микроэлемент неравномерно распределен в различных регионах земного шара. Среднее содержание селена в земной коре, выраженное в процентах, то есть его кларковое число, составляет $5 \cdot 10^{-6}$.

Биологическая активность селена зависит от той химической формы, в которой он содержится в пище и организме. Неорганические формы селена более токсичны, чем органические. Поэтому для профилактики селенодефицитных состояний применяют органические формы селена.

Ключевые слова: микроэлемент селен, содержание селена, зерно пшеницы, тип и кислотность почвы, метод атомно-абсорбционной спектроскопии с электротермической атомизацией.

Благодарности: авторы выражают признательность коллегам за помощь, благодарность за финансовую поддержку исследования.

Для цитирования: Пономарева, С. М., Лындина, М. И., Протункевич, И. В. Анализ результатов исследования содержания селена в растительном сырье // Ползуновский вестник. 2021. № 3. С. 68-74. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.03.009.

ANALYSIS OF RESEARCH RESULTS OF SELENIUM CONTENT IN VEGETABLE RAW MATERIALS

Svetlana M. Ponomareva ¹, Marina Igorevna Lyndina ²,
Irina V. Protunkevich ³

^{1, 2, 3} Scientific Research Institute of Food Concentrates Industry and Special Food Technology – branch of Federal Research Center of Nutrition, Biotechnology and Food Safety, Izmailovo, Russia

¹sv.m.ponomareva@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-0464-1812>

²lyndina58@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0570-4739>

³niipspt@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-9514-4135>

Abstract. *The trace element selenium is a necessary nutrient for the normal functioning of the human body. Compounds of this trace element protect cell membranes from oxidative destruction, catalyze intermediate reactions in metabolism, and reduce the toxicity of some heavy metals. Vitamins C and E together with selenium enhance their antioxidant properties and effectively prevent oxidation in cells and tissues. In addition, selenium is able to protect nucleic acids from damage. This trace element is unevenly distributed in different regions of the world. The average content of selenium in the earth's crust, expressed as a percentage as a clarke number, is $5 \cdot 10^{-6}$.*

The biological activity of selenium depends on the chemical form in which it is found in food and the body. Inorganic forms of selenium are more toxic than organic ones. Therefore, organic forms of selenium are used to prevent selenium deficiency conditions.

Keywords: *microelement selenium, selenium content, wheat grain, soil type and acidity, atomic absorption spectroscopy with electrothermal atomization.*

Acknowledgements: *the authors express gratitude to their colleagues for their help, thanks for the financial support of the research.*

For citation: Ponomareva, S. M., Lyndina, M. I. & Protunkevich, I. V. (2021). Analysis of research results of selenium content in vegetable raw materials. *Polzunovskiy vestnik*, (3), 68-74. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.03.009.

ВВЕДЕНИЕ

Селен относится к числу микроэлементов, обязательно присутствующих в любом организме. Он поступает в организм по цепи почва – растение – продукт питания. Содержание селена в пищевых продуктах существенно варьирует в зависимости от происхождения сырья, используемого при их производстве. В справочниках по химическому составу пищевых продуктов данные по содержанию селена практически отсутствуют. В связи с этим, в течение двух лет проводились исследования по Госзаданию на содержание селена в отечественном растительном сырье, выращенном в разных регионах России для Таблиц химического состава. Результаты исследований были получены с использованием двух методов: флуориметрического с 2,3- диаминафталином и атомно-абсорбционной спектроскопии с электротермической атомиза-

цией. Содержание селена в растительном сырье достаточно широко варьирует от 20 до 800 мкг/кг воздушно-сухой массы. Эти колебания определяются климатическими, агротехническими условиями и типом почв.

МЕТОДЫ

Для определения содержания селена в растительном сырье, выращенном на почвах разных природно-климатических зон, применяли следующие методы:

- флуориметрический метод с использованием 2,3- диаминафталина (ДАН) характеризуется высокой селективностью и чувствительностью (0,002 мкг/мл). Анализы были выполнены на флюорате 02–3М (Пищевые продукты и продовольственное сырье, комбикорма и комбикормовое сырье. Методика измерения массовой доли селена флуориметрическим методом на анализаторе жидкости

«Флюорат – 02». Методика М 04-33-2004, С.-Пб., 2013. 19 с.).

- метод атомно-абсорбционной спектроскопии с электротермической атомизацией с модификатором матрицы палладий азотнокислый на атомно-абсорбционном спектрофотометре Hitachi 180-80 (ГОСТ Р 56372-2015. Комбикорма, концентраты и премиксы. Определение массовой доли железа, марганца, цинка, кобальта, меди, молибдена и селена методом атомно-абсорбционной спектроскопии).

Определение содержания селена в растительном сырье проводили после мокрой минерализации образцов в азотной и хлорной кислотах с добавлением перекиси водорода и этанола с целью перевода селена из неорганических и органических форм в селенит-ион. Для анализа исследуемого зерна пшеницы опытным путем установили массу навески, которая составила около 3 г.

Флуориметрический метод используется часто как контрольный. Однако подготовка минерализата пробы для определения на флюорате может занимать до 80 минут. По сравнению с ним, одно определение селена в образце методом атомно-абсорбционной спектроскопии с электротермической атомизацией занимает всего около двух минут.

Определение содержания селена проводили в трех повторностях. Относительное стандартное отклонение при $P = 95\%$ составляло 1,2–10,4 %.

Исследованы образцы зерна пшеницы из 25 регионов, ржи – из 15 регионов, ячменя – из 11 регионов, овса – из 7 регионов, гречихи – из 3 регионов, кукурузы – из 7 регионов, а также образцы таких культур, как амарант, горох, кунжут, просо, рис, лен.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В таблице 1 представлены результаты исследований по содержанию селена во всех перечисленных выше культурах. Для сравнения содержания селена в зерне пшеницы были выбраны различные области, граничащие между собой и характеризующиеся различными типами почв (от дерново-подзолистых до типичных черноземов) и климатическими условиями. Как известно, в кислых почвах соединения селена представлены селенидами и сульфидами, обладающими малой подвижностью и, соответственно, низкой доступностью для растений. В почвах, рН которых близок к нейтральному, преобладают селенаты. Эти соединения селена хорошо растворимы, обладают достаточной подвижностью и доступностью для растений. Содержание селена в черноземах увеличивается с повышением содержания в них гумуса.

К сожалению, несмотря на многолетнее развитие агрохимических исследований на территории нашей страны, отсутствуют четкие данные по содержанию селена в различных типах почв.

Таблица 1 – Содержание селена в пищевых культурах отечественного производства (мкг/кг)

Table 1 – Selenium content in domestically produced food crops ($\mu\text{g} / \text{kg}$)

Наименование культуры	Содержание селена по регионам	Среднее содержание селена
Пшеница	44–433	238,5
Ячмень	582–705	643,5
Овес	377–665	521
Рожь	21–52	36,5
Гречиха	313–412	362,5
Кукуруза	688–793	740,5
Просо	358–369	363,5
Рис	72–164	118
Амарант	507–676	591,5
Кунжут	220–242	231
Горох	152–364	258
Лен	400–431	415,5

Содержание селена в растениях достаточно широко варьирует (от 20 до 800 мкг на кг воздушно-сухой массы).

Общее содержание селена в растениях определяется не только типом почвы, ее кис-

лотностью, но и содержанием гумуса, общим запасом селена, влиянием явлений антагонизма и синергизма других минеральных элементов, а также количеством осадков и температуры окружающей среды. Наши ис-

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ СОДЕРЖАНИЯ СЕЛЕНА В РАСТИТЕЛЬНОМ СЫРЬЕ

следования показали, что в зависимости от условий выращивания содержание селена в зерне пшеницы может варьировать от 44 до 433 мкг/кг. Содержание селена в ячмене изменяется от 582 до 723 мкг/кг воздушно-сухого вещества. Наблюдается тенденция увеличения его содержания на почвах с высоким плодородием. По результатам исследований ячмень можно отнести к культурам с высоким содержанием селена. Ячмень можно рекомендовать для использования в рационах питания как источник селена.

На основе зерна овса вырабатывают различные виды круп (толокно, хлопья и др.). Содержание селена в зерне овса изменяется от 377 до 665 мкг/кг. Также наблюдается тенденция увеличения его содержания селена на почвах южных регионов с высоким плодородием.

Рожь – близкая родственница пшеницы. В ее белке содержится значительно больше ценных аминокислот (лизина, треонина), а в зерне меньше клейковины. В муке пшеницы содержится больше гемицеллюлозы и клетчатки, которые улучшают микрофлору кишечника и укрепляют иммунитет.

Рожь имеет богатый комплекс витаминов, микроэлементов, антиоксидантов, благотворно действующих на сердечно-сосудистую систему, на функцию кроветворения, а также оказывающих противоаллергенное и противовоспалительное действие.

Рожь более холодостойка, чем пшеница, северные границы ее посевов доходят почти до Белого моря, захватывая на востоке всю земледельческую часть Сибири. Яровая рожь может даже вызревать в Якутии, Забайкалье и других районах с суровыми малоснежными зимами.

Содержание селена в зерне ржи колеблется от 21 до 52 мкг/кг. Наблюдается тенденция увеличения содержания селена в зерне ржи при ее выращивании на почвах черноземного типа.

Рожь, как зерновая культура, изначально была распространена в северных районах на кислых почвах с низким содержанием подвижного селена. Можно сказать, что ее генотип сформировался таким образом, что для этой культуры характерно невысокое по сравнению с пшеницей содержание селена в зерне.

Результаты по содержанию селена в зерне гречихи, выращенной в разных областях России, показывают, что его содержание изменяется в исследованных образцах от 313 мкг/кг до 416 мкг/кг воздушно-сухого вещества. Эта культура может быть достаточно

хорошим источником селена, кроме того в ней не содержится глютен.

Содержание селена в зерне кукурузы достаточно высокое и колеблется от 700 до почти 800 мкг/кг и зависит от конкретных условий ее выращивания (таблица 1). Кукуруза на зерно выращивается в основном в южных регионах. Можно сказать, что эта культура, наряду с овсом и ячменем, является хорошим источником селена. Эту культуру, как источник селена, можно также использовать в качестве добавки при составлении различных рационах питания.

В последние годы нетрадиционные виды растительного сырья, такие как амарант, широко применяются при производстве продуктов питания и пищевых добавок функционального назначения, интерес к которым со стороны потребителя постоянно растет. Среди зерновых культур амарант выделяется как важный источник минеральных веществ. По результатам наших исследований в нем содержится довольно высокое содержание селена – от 434 до 676 мкг/кг воздушно-сухого вещества. Он также относится к безглютеновым источником сырья. К хорошим источникам селена относится также лен и просо (364 и 416 мкг/кг соответственно). В рисе содержание селена незначительно и в среднем составляет около 120 мкг/кг.

Горох относится к овощным культурам. При его выращивании в средней полосе Российской Федерации на среднесуглинистых окультуренных почвах содержание селена в его семенах может достигать 280–290 мкг/кг. Засушливые условия выращивания не оказывают значительного влияния на накопление селена семенами гороха, так как его корневая система стержневого типа, хорошо разветвленная, глубоко проникает в почву. Его растения чувствительны к содержанию влаги в почве особенно при прорастании семян и в первый период вегетации. В случае неблагоприятных условий выращивания (повышение содержания алюминия и токсичных металлов, в частности кадмия), его содержание уменьшается до 150–196 мкг/кг. Замачивание семян гороха перед посадкой раствором селена способствует увеличению его содержания до 300–350 мкг/кг даже при неблагоприятных условиях (образцы семян гороха были любезно предоставлены сотрудниками кафедры агрохимии МСХА им. К. А. Тимирязева).

В разных странах мира проводятся исследования по обогащению селеном различной продукции растениеводства. Обогащают не только зерновые культуры, но и овощные. Оценить обеспеченность селеном почвы

можно при помощи индикаторных растений. Резко реагирует на дефицит селена горох. Если запасы селена в почве истощены, то задерживается цветение гороха и снижается его урожайность. Признаком дефицита селена является появление на листьях мелких белых штрихов, расположенных продольно. Такая штриховатость отмечается на листьях культур, требовательных к микроэлементам, в том числе к селену.

В исследованных образцах кунжута среднее содержание селена составляет около 230 мкг/кг. Кунжутное семя благотворно влияет на пищеварение и обменные процессы: укрепляет иммунитет, ускоряет процессы метаболизма.

Систематизация экспериментальных данных по содержанию селена в исследованных растительных культурах, выращенных на почвах разного плодородия и климатических особенностей, показала, что его величина колеблется следующим образом: у пшеницы – от 44 до 433 мкг/кг, у ячменя – от 582 до 723 мкг/кг, у овса – от 377 до 665 мкг/кг, у

ржи – от 21 до 52 мкг/кг, у гречихи – от 313 до 416 мкг/кг, у кукурузы – от 700 до 800 мкг/кг. Отмечается тенденция увеличения содержания селена в культурах на почвах с высоким уровнем плодородия.

Сухие завтраки в зависимости от технологии производства вырабатывают в виде хрустящих хлопьев (сырье и готовая продукция были любезно предоставлены ГУП МПК «Крекер»).

В результате проведенных исследований получены экспериментальные данные по сравнительному содержанию селена в зерновом сырье и хлопьях, как продуктах его переработки. Из таблицы 2 видно, что содержание селена в продуктах переработки зерновых незначительно снижается по сравнению с исходным сырьем.

Полученные данные удовлетворительно согласуются с технологическими особенностями переработки различного зернового сырья и его индивидуальностью по морфологии строения.

Таблица 2 – Содержание селена в пищевом сырье и концентратах на его основе (мкг/кг)

Table 2 – Selenium content in food raw materials and concentrates based on it ($\mu\text{g} / \text{kg}$)

Наименование культуры	Содержание селена	
	Зерно	Хлопья
пшеница	120±16	108±11
рожь	18±3	16±2
овес	250±18	215±15
ячмень	220±16	184±14
гречиха	352±21	284±19
просо	16±2	11±2
горох	190±14	122±11

ОБСУЖДЕНИЕ

В пищевых продуктах селен находится в двухвалентной органической форме. В продуктах животного происхождения содержится селеноцистеин, а в продуктах растительного происхождения – селенометионин. Соединения селена участвуют в процессах, связанных с выведением органических перекисей и других продуктов метаболизма. Это позволяет использовать их для профилактики онкологических заболеваний, провоцируемых химическими воздействиями и радиацией. Селен стимулирует образование антител и тем самым повышает защиту организма от инфекционных заболеваний. В районах с недостаточным потреблением селена отмечается рост онкологических заболеваний. Нормы потребления этого микроэлемента справедливы

для всех животных, однако специфика метаболизма селена у некоторых видов еще не изучена [2, 3, 4].

Дефицит селена в продуктах питания может провоцировать ряд заболеваний: сердечно-сосудистых, онкологических, поражений печени, иммунодефицита и т.д. [5, 6, 7]. Селен входит в активный центр глутатионпероксидазы – одного из основных антиоксидантных ферментов, предотвращающих накопление в тканях свободных радикалов, и тем самым препятствующих перекисному окислению липидов и других соединений [8, 9].

В 1980 г. Всемирная организация здравоохранения причислила селен к незаменимым факторам питания. Этот микроэлемент входит в состав более 30 биологически активных соединений, содержащихся в орга-

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ СОДЕРЖАНИЯ СЕЛЕНА В РАСТИТЕЛЬНОМ СЫРЬЕ

низме человека и животных. Согласно рекомендациям ВОЗ, среднесуточная потребность человека в селене варьирует от 70 до 100 мкг. Эти цифры согласуются с российскими методическими рекомендациями, основанными на концепции о суточной потребности организма – так называемом адекватном уровне потребления (АУП) [10, 11].

Следует отметить, что в этих рекомендациях не учитывается влияние рационов питания, различий в весе человека и региона его проживания. Существуют 10-топ продуктов с высоким содержанием селена. К ним относятся: бразильский орех (лидер по содержанию селена), рыба и морепродукты, цельнозерновой хлеб, крупы (особенно гречневая), яйца, творог, мясо индейки, чеснок. Как уже отмечалось, в отечественных справочниках по химическому составу пищевых продуктов практически отсутствуют четкие данные по содержанию селена. Селен может также теряться в процессе переработки сырья.

В связи с этим, наш институт, как филиал ФГБУН «ФИЦ питания, биотехнологии и безопасности пищи», по Госзаданию в течение двух лет проводил исследования на содержание селена в отечественном зерновом и другом растительном сырье, выращенном в разных регионах России для Таблиц химического состава.

ЗАКЛЮЧЕНИЯ / ВЫВОДЫ

По результатам исследования можно сделать вывод о достаточных уровнях сохранности селена в продуктах переработки зернового сырья. Из представленных данных видно, что в хлопьях пшеничных и ржаных сохраняется до 90 % селена, гречишных и овсяных – 81–86%, ячменных – до 84 %, пшеничных и гороховых – до 64 %.

В заключение следует отметить, что наиболее обогащенными селеном, по сравнению с другими видами зерновых хлопьев, являются гречишные, овсяные и ячменные хлопья.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследование выполнено в рамках Программы Фундаментальных научных исследований государственных академий наук (тема № 0529-2019-0065 «Разработка и оценка эффективности новых инновационных пищевых О. Ф. ФАЗУЛЛИНА, С. О. СМЕРНОВ 74 ПОЛЗУНОВСКИЙ ВЕСТНИК № 4 2020 концентра-

тов и продуктов диетического профилактического питания для спецконтингентов»).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеенко В.А. Химические элементы в геохимических системах. Кларки почв селитенных ландшафтов. Ростов на Дону : ЮФУ. 2013. С. 388.
2. Тутельян В.А., Княжев В.А., Хотимченко С.А., Голубкина Н.А., Кушлинский Н.Е., Соколов Я.А. Селен в организме человека: метаболизм, антиоксидантные свойства, роль в канцерогенезе. М. : Изд-во РАМН, 2002. С. 224.
3. Галочкин В.А., Галочкина В.П. Органические и минеральные формы селена, их метаболизм, биологическая доступность и роль в организме // Сельскохозяйственная биология. 2011. № 4. С. 3–15.
4. Сычев В.Г., Аристархов А.Н., Яковлева Т.А., Панасин В.И., Бусыгин А.С. Проблема селена в почвах России и ее решение путем оптимизации селеновых удобрений. Бюллетень Географической сети опытов с удобрениями: [периодическое издание ВНИИ агрохимии им. Д. И. Прянишникова для участников Географической сети опытов с удобрениями] РАН. 2015. Вып. 21. С. 44.
5. Ермохин, Ю.И. Экспресс-методы химической диагностики потребности с.-х. культур в удобрениях. Омск : Вариант-Омск, 2010. С. 118.
6. Нагиева Ю.С. В. К вопросу о роли селена в развитии онкологических заболеваний // Казанский медицинский журнал. 2012. Т. 93. № 6. С. 883–887.
7. Племенков В.В. Природные соединения селена и здоровье человека // Вести. РГУ им. И. Канта. Калининград. 2007. № 1. С. 51–63.
8. Литвинов Л.Ф. География почв сельскохозяйственных земель России : монография. М., Академия. 2002. С. 255.
9. Синдирева А.В., Голубкина Н.А. Оценка селенового статуса территории Омской области // Омский научный вестник. 2011. №1 (104). С. 192–196.
10. Тутельян В.А. Химический состав и калорийность российских продуктов питания. М. : ДеЛи плюс, 2012. С. 283.
11. Третьяк Л.Н., Герасимов Е.М. Специфика влияния селена на организм человека и животных (применительно к проблеме создания селеносодержащих продуктов питания) // Вестник ОГУ. 2007. № 12. С. 136–145.

Информация об авторах

С. М. Пономарева – к.б.н, ведущий научный сотрудник лаборатории качества пищевых продуктов и аналитических методов исследования НИИ ПП и СПТ – филиал ФГБУН «ФИЦ питания. Биотехнологии и безопасности пищи».

М. И. Лындина – к.т.н. зав. сектором научно-технической информации, патентования и стандартизации НИИ ПП и СПТ –

филиал ФГБУН «ФИЦ питания, биотехнологии и безопасности пищи».

И. В. Протункевич – ведущий инженер сектора научно-технической информации, патентоведения и стандартизации НИИ ПП и СПТ – филиал ФГБУН «ФИЦ питания, биотехнологии и безопасности пищи».

REFERENCES

1. Alekseenko, V.A. (2013). *Chemical elements in geochemical systems. Clarks of soils of residential landscapes*. Rostov on Don : SFedU. (In Russ.).

2. Tutelyan, V.A., Knyazhev, V.A., Khotimchenko, S.A., Golubkina, N.A., Kushlinsky, N.E. & Sokolov, Ya.A. (2002). *Selenium in the human body: metabolism, antioxidant properties, role in carcinogenesis*. Moscow: RAMS Publishing House. (In Russ.).

3. Galochkin, V.A. & Galochkina, V.P. (2011). Organic and mineral forms of selenium, their metabolism, bioavailability and role in the body. *Agricultural biology*, (4), 3-15. (In Russ.).

4. Sychev, V.G., Aristarkhov, A.N., Yakovleva, T.A., Panasin, V.I. & Busygin, A.S. (2015). The problem of selenium in soils of Russia and its solution by optimizing selenium fertilizers. *Bulletin of the Geographic Network of Experiments with Fertilizers: [periodical of the All-Russian Research Institute of Agrochemistry named after V.I. DI Pryanishnikov for the participants of the Geographical Network of Experiments with Fertilizers]* RAS, (21), P. 44. (In Russ.).

5. Yermokhin, Yu.I. (2010). *Express methods of chemical diagnostics of the needs of agricultural workers. crops in fertilizers*. Omsk: Option-Omsk. (In Russ.).

6. Nagieva, S.V. (2012). On the role of selenium in the development of cancer. *Kazan Medical Journal*, 93(6), 883-887. (In Russ.).

7. Plemenkov, V.V. (2007). Natural compounds of selenium and human health. *News. Russian State University named after I. Kant. Kaliningrad*, (1), 51-63.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 28.06.2021; одобрена после рецензирования 22.08.2021; принята к публикации 17.09.2021.

The article was received by the editorial board on 28 June 21; approved after reviewing on 22 Aug 21; accepted for publication on 17 Sep 21.

(In Russ.).

8. Litvinov, L.F. (2002). *Geography of soils of agricultural lands in Russia*. Monograph. M. : Academy. (In Russ.).

9. Sindireva, A.V. & Golubkina, N.A. (2011). Assessment of the selenium status of the territory of the Omsk region. *Omsk Scientific Bulletin*, 1(104), 192-196. (In Russ.).

10. Tutelyan, V.A. (2012). *Chemical composition and caloric content of Russian food products*. M. : DeLi plus. (In Russ.).

11. Tretyak, L.N. & Gerasimov, E.M. (2007). The specificity of the effect of selenium on the human and animal organism (in relation to the problem of creating selenium-containing food products). *OSU Bulletin*, (12), 136-145.

Information about the authors

S. M. Ponomareva – Candidate of Biological Sciences, leading researcher of the Laboratory of Food Quality and Analytical Research Methods of Scientific Research Institute of Food Concentrates Industry and Special Food Technology (branch of Federal Research Center of Nutrition, Biotechnology and Food Safety).

M. I. Lyndina – Candidate of Technical Sciences, head sector of scientific and technical information, patent management and standardization of Scientific Research Institute of Food Concentrates Industry and Special Food Technology (branch of Federal Research Center of Nutrition, Biotechnology and Food Safety).

I. V. Protunkevich – Leading Engineer of the Scientific and Technical Information, Patent Science and Standardization of Scientific Research Institute of Food Concentrates Industry and Special Food Technology (branch of Federal Research Center of Nutrition, Biotechnology and Food Safety).



Научная статья

05.18.01 – Технология обработки, хранения и переработки злаковых, бобовых культур, крупяных продуктов, плодоовощной продукции и виноградарства (технические науки)

УДК 664.664

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.03.010

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СУШЕНЫХ ЯГОД ГУАРАНЫ И РИСОВОЙ МУКИ В ПРОИЗВОДСТВЕ БУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Виктория Николаевна Макарова¹, Егор Георгиевич Соболев²,
Ольга Николаевна Пчелинцева³, Зенфира Альбертовна Бочкарёва⁴

^{1, 2, 3, 4} Пензенский государственный технологический университет, Пенза, Россия

¹ v44akarowa@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2085-9192>

² egrsobol@gmail.com

³ pchelincevaon@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3395-4586>

⁴ bochkarijevaz@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4552-8007>

Аннотация. В данной работе рассмотрена возможность применения сушеных ягод гуараны и рисовой муки в производстве хлебобулочных изделий функционального назначения. В нашей стране имеется острая проблема: изготовление продуктов питания, в которых отсутствует пшеничный белок, то есть из безглютенового сырья. Такое сырье позволит расширить ассортимент выпускаемой продукции. В рисовой муке по сравнению с другими видами содержится меньше пшеничного белка, поэтому имеется возможность использовать ее в качестве функциональной добавки. В свою очередь, сушеные ягоды гуараны являются полезным продуктом для организма и его нормального функционирования. В них содержится гуаранин, эфирные масла, большое количество микро- и макроэлементов, дубильные соединения, эфирные масла, кофеин. Целью данной работы является разработка новой рецептуры хлебобулочных изделий с заменой пшеничной муки на рисовую и добавлением сушеных ягод гуараны. Были разработаны три образца с заменой рисовой муки на пшеничную в количестве 15 %, 20 %, 25 %. Далее выявлена оптимальная дозировка в количестве 20 %, затем в оптимальный образец добавляли сушеные ягоды гуараны в количестве: 5 %, 10 %, 15 % взамен пшеничной муки. Замена пшеничной муки на рисовую в количестве 20 % и добавление 10 % сушеной гуараны улучшили органолептические показатели, минеральный состав и способствовали расширению ассортимента изделий.

Ключевые слова: булочное изделие, рисовая, мука, пшеничная, сушеные ягоды гуараны, органолептические показатели, минеральные вещества, функциональный.

Для цитирования: Использование сушеных ягод гуараны и рисовой муки в производстве булочных изделий / В.Н. Макарова [и др.]. // Ползуновский вестник. 2021. № 3. С. 75–82. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.03.010.

Original article

USE OF DRIED GUARANA BERRIES AND RICE FLOUR IN PRODUCTION OF BAKERY PRODUCTS

Victoria N. Makarova ¹, Yegor G. Sobolev ², Olga N. Pchelintseva ³,
Zenfira A. Bochkareva ⁴

^{1, 2, 3, 4} Penza State Technological University, Penza, Russia

¹ v44akarowa@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2085-9192>

² egrsobol@gmail.com

³ pchelincevaon@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3395-4586>

⁴ bochkarievaz@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4552-8007>

Abstract. *The possibility of using dried guarana berries and rice flour in the production of functional bakery products is considered. There is an acute problem in our country: it is the production of food products with lack wheat protein, in other words, from gluten-free raw materials. Such raw materials will allow expanding the range of products. Rice flour contains less protein and fiber compared to other types, so it is possible to use it as a functional additive. In their turn, dried guarana berries are useful product for the body and its normal functioning. They contain guaranin, essential oils, a large number of micro- and macronutrients, tannins, essential oils. The purpose of this work is to develop a new formulation for bakery products with the replacement of wheat flour with rice flour and the addition of dried guarana berries. Three samples were developed with the replacement of rice flour with wheat flour in the amount of: 15 %, 20 %, 25 %. The optimal dosage was revealed in the amount of 20 %, then dried guarana berries were added to the optimal sample in the amount of 5 %, 10 %, 15 % instead of wheat flour. The replacement of wheat flour with rice flour in an amount of 20 % and the addition of 10 % dried guarana improved organoleptic parameters and contributed to the expansion of the product range.*

Keywords: *bakery product, rice, flour, wheat, dried guarana berries, organoleptic indicators, functional and technological indicators.*

For citation: Makarova, V. N., Sobolev, Y. G., Pchelintseva, O. N. & Bochkareva, Z. A. (2021). Use of dried guarana berries and rice flour in production of bakery products. *Polzunovskiy vestnik*, (3), 75-82. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.03.010.

ВВЕДЕНИЕ

Здоровое питание является основой жизнедеятельности каждого человека. В связи с большой занятостью и появлением быстрого питания, рацион современного человека не сбалансирован. В результате в организм попадает в четыре раза меньше необходимых нутриентов, что приводит к различным заболеваниям. Большое распространения в настоящее время получило такое заболевание, как непереносимость пшеничного белка (целиакия), в мире от него страдает 0,6–6 % населения [2, 7]. Хлебобулочные изделия, которые содержат больше всего пшеничного белка, пользуются высоким спросом у потребителей. Поэтому производство функциональных продуктов с без-

глютеновым сырьем в данном сегменте является наиболее актуальным.

С целью обогащения булочных изделий в данной работе использовали функциональное сырье: сушеные ягоды гуараны и рисовую муку [1, 6, 11].

Гуарана – тропический кустарник семейства сапиндовых. Компоненты, входящие в состав гуараны, активизируют процесс липолиза и заставляют организм активно сбрасывать лишний вес. Способствует выведению токсинов и снижает уровень вредного холестерина. Дубильные вещества, входящие в ее состав, способны снять воспаления ЖКТ. Продукт обладает антиоксидантным свойством. Снижает риск образования тромбов [3, 4]. Гуарана содержит природный ко-

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СУШЕНЫХ ЯГОД ГУАРАНЫ И РИСОВОЙ МУКИ В ПРОИЗВОДСТВЕ БУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ

феин, улучшающий физическое и эмоциональное состояние человека [13].

Рисовая мука становится все более популярной в кулинарии, она обладает уникальными свойствами для очищения организма и не содержит глютена. Химический состав рисовой муки представлен разнообразием минеральных веществ (мг % на 100 г муки): Са – 20, Mg – 30, Na – 22, К – 50, Fe – 1,3, Р – 119. Также в рисовой муке содержатся витамины группы В (В₁ – 0,06 мг % и В₂ – 0,03 мг %) и РР – 1,4 мг % [11].

В работе была исследована возможность изготовления булочных изделий с использованием различных доз рисовой и пшеничной хлебопекарной муки и внесением сушеных ягод гуараны.

Цель работы – разработка функционального продукта путем частичной замены пшеничной муки на рисовую и добавлением сушеных ягод гуараны.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Экспериментальные исследования были проведены на базе факультета биотехнологий Пензенского государственного технологического университета. Объектом исследования были булочные изделия, приготовленные по стандартной рецептуре с частичной заменой пшеничной муки на рисовую муку и дальнейшее добавление сушеных ягод гуараны в образец с оптимальным содержанием рисовой муки. Для проведения сравнительного анализа булочных изделий использовали булочное изделие, выработанное по традиционному рецепту, без добавления рисовой муки и гуараны (контрольный образец) (таблица 1). В исследованиях использовали рисовую муку марки «Кудесница» и сушеные ягоды гуараны. Сырье, применяемое для приготовления булочных изделий, соответствовало требованиям нормативно-технической документации и ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции». Оценка органолептических показателей проводилась в лабораторных условиях в соответствии с ГОСТ 27844-88 [8, 13, 15]. Органолептическая оценка проводилась по пятибалльной шкале в соответствии с требованиями ГОСТ 31986-2012 [12].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Для проведения исследований были подготовлены рецептуры булочных изделий, в которые добавляли от 15 до 20 % рисовой муки взамен пшеничной (таблица 1). Таким образом определяли оптимальное количество внесения рисовой муки взамен пшеничной, для улучшения органолептических показателей готовых булочных изделий [7, 9].

Было выявлено, что полученные образцы с заменой 15 % пшеничной муки на рисовую показали, что почти не ощущается наличие рисовой муки, но показатели качества не значительно улучшились.

Таблица 1 – Рецептуры булочных изделий с заменой муки

Table 1 – Formulations of bakery products with flour replacement

Наименование сырья, г	Контроль	Образцы булочных изделий		
		№ 1	№ 2	№ 3
Мука пшеничная высшего сорта	100,0	85,0	80,0	75,0
Рисовая мука	0,00	15,0	20,0	25,0
Дрожжи	4,0	4,0	4,0	4,0
Сахар	1,0	1,0	1,0	1,0
Маргарин	3,0	3,0	3,0	3,0
Соль	2,0	2,0	2,0	2,0
Тмин	0,8	0,8	0,8	0,8
Итого	110,8	110,8	110,8	110,8
Выход	129,5	129,5	129,5	129,5

Образец с заменой пшеничной муки на рисовую 20 % показал, что изделие стало более пористым, исчезли следы непромеса и появился привкус рисовой муки. Образец с заменой 25 % пшеничной муки показал ухудшение вкусовых качеств, так как ощущался сильный привкус рисовой муки.

Оценка качественных показателей образцов представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Органолептические показатели качества

Table2 – Organoleptic quality indicators

Показатель	Различная дозировка рисовой муки			
	Контроль	15 %	20 %	25 %
Внешний вид Форма	Округлая			
Поверхность	Гладкая	Гладкая, без трещин	Гладкая, без притисков	Мучнистая поверхность
Цвет	Светло-желтый			Коричневый с морщинистостью
Состояние мякиша	Изделие хорошо пропечено, мякиш не влажный			Имеются места непропеченности изделия
Пропеченность				
Промес	Без комочков и следов непромеса			
Пористость	Развитая, без пустот и уплотнений			
Вкус и запах	Присутствует запах и вкус компонентов из рецептуры	Добавляется небольшой привкус и запах рисовой муки		Привкус и запах рисовой муки очень сильно выражен

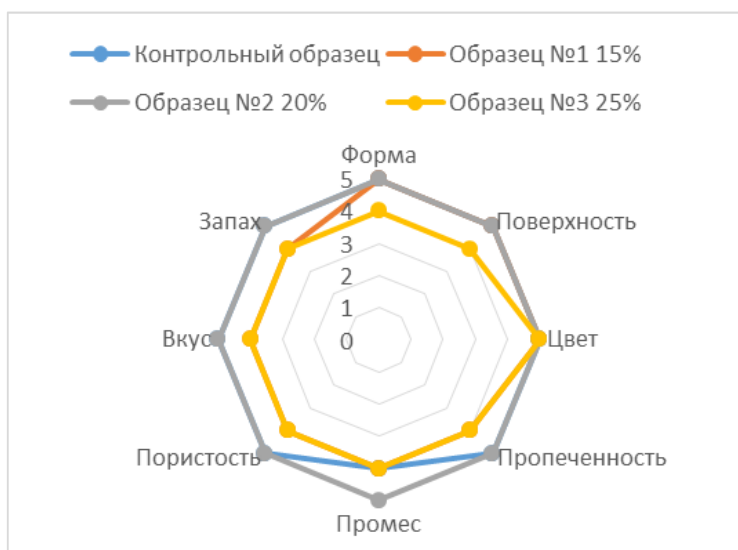


Рисунок 1 – Профилограмма органолептической оценки булочных изделий с внесением рисовой муки

Figure 1 – Profilogram of the sensory evaluation of bakery products with the addition of rice flour

Дегустационная оценка исследуемых образцов проводилась по следующим параметрам: форма, поверхность, цвет, пропеченность, промес, пористость, вкус, запах. В результате дегустационной оценки выяснилось, что наиболее оптимальным является образец с 20 % внесением рисовой муки взамен пшеничной. По сравнению с контрольным

образцом в образце с 20 % внесением рисовой муки все показатели высокие (рисунок 1).

После того, как рассчитали оптимальную дозировку рисовой муки, необходимо было определиться с дозировкой сушеных ягод гуараны. Для этого подготовили три рецептуры с добавлением сушеных ягод гуараны – 5 %, 10 % и 15 % взамен пшеничной муки.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СУШЕНЫХ ЯГОД ГУАРАНЫ И РИСОВОЙ МУКИ В ПРОИЗВОДСТВЕ БУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ

В качестве контрольного образца был принят образец с 20 % содержанием рисовой муки.

Рецептуры с добавлением сушеных ягод гуараны представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Рецептуры булочных изделий с заменой пшеничной муки на рисовую 20 % и добавлением сушеных ягод гуараны

Table 3 – The recipe of the bakery product with the replacement of wheat flour with rice flour 20 % and the addition of dried guarana berries

Наименование сырья, г	Контрольный образец	Булочные изделия с 20 % рисовой муки и добавлением сушеных ягод гуараны		
		№ 1 (5 %)	№ 2 (10 %)	№ 3 (15 %)
Мука пшеничная высшего сорта	80,0	76,0	72,0	68,0
Рисовая мука	20,0	20,0	20,0	20,0
Дрожжи	4,0	4,0	4,0	4,0
Сахар	1,0	1,0	1,0	1,0
Маргарин	3,0	3,0	3,0	3,0
Соль	2,0	2,0	2,0	2,0
Тмин	0,8	0,8	0,8	0,8
Сушеные ягоды гуарана	0,00	4,0	8,0	12,0
Итого	110,8	144,8	118,8	122,8
Выход	129,5	129,5	129,5	129,5

После проведения дегустационной оценки по восьми показателям выяснилось, что оптимальной дозировкой при добавлении сушеной гуараны является 10 % внесения, при этом улучшились качественные показатели булочных изделий. Образец с 5 % внесением

не оказал значительного влияния на органолептические показатели булочных изделий.

Внесение добавки, более чем на 10 %, ведет к ухудшению показателей изделия. Дегустационная оценка булочных изделий с добавлением сушеной гуараной представлена на рисунке 2.

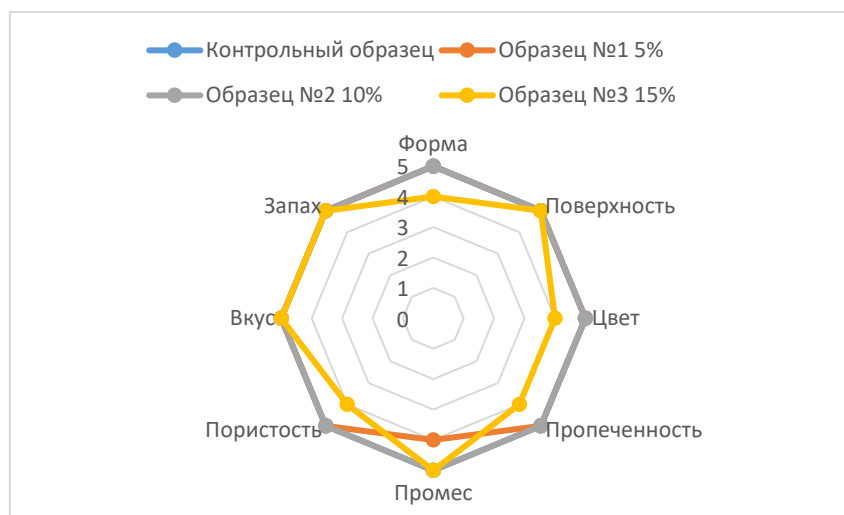


Рисунок 2 – Профилограмма органолептической оценки булочного изделия с добавлением гуараны

Figure 2 – Profilogram of organoleptic evaluation of a bakery product with added guarana

Результат исследования показал, что булочные изделия с заменой части пшенич-

ной муки на рисовую 20 % и добавлением сушеной гуараны в количестве 10 % является

лучшим по органолептическим показателям в сравнении с контрольным образцом [12, 14].

Целью исследования было получение продукта с функциональными свойствами, в связи с этим был проведен сравнительный анализ пищевой ценности булочного изделия

без добавок и с 20 % внесением рисовой муки и 10 % ягод гуараны. Данные по пищевой ценности продуктов были взяты из справочника: химический состав российских продуктов питания [11]. Результаты расчетов представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Пищевая ценность булочных изделий

Table 4 – Nutritional value of products

Пищевые вещества	Средняя суточная потребность [14]	Фактические данные на 100 г изделия / Процент удовлетворения суточной потребности			
		Булочное изделие без добавок		Булочное изделие с рисовой мукой и сушеными ягодами гуараны	
Белки, г	81,8	7,9	9	4,4	6
Жиры, г	96,5	9,4	10	3,5	4
Углеводы, г	421,5	55,5	13	41,1	10
Пищевые волокна, г	20,0	2,1	10	7,4	37
Калий (К), мг	2500,0	–		470,0	18
Магний (Mg), мг	400,0	–		77,0	19
Кальций (Ca), мг	1000,0	–		34,0	4
Энергетическая ценность, ккал	2500,0	338,0	14	213,5	9

Как показывают данные таблицы, благодаря внесению рисовой муки и сушеных ягод гуараны, значительно повышается содержание пищевых волокон. Так, 100 г булочного изделия с рисовой мукой и гуараной на 37 % удовлетворяет суточную потребность в пищевых волокнах, тогда как булочное изделие без добавок всего на 10 %. Показатели калия и магния в конечном продукте более 15 % от суточной потребности. Расчетные данные показывают, что в соответствии с ГОСТ Р 55577-2013 новое изделие можно назвать источником пищевых волокон и минералов – К и Mg [15].

ВЫВОДЫ

В результате проведенных исследований были разработаны рецептуры булочных изделий с рисовой мукой и проведена оценка качества в сравнении с контрольным образцом. Установлено, что наилучшие органолептические показатели у образца с 20 % внесением рисовой муки взамен пшеничной. Рисовая мука обогатила булочное изделие минеральными веществами и уменьшила содержание глютена в конечном продукте.

Дегустационная оценка позволила определить оптимальное внесение сушеных ягод

гуараны – 10 %. Вкусовые качества булочных изделий улучшились.

В результате проведенных исследований и расчетных данных в соответствии с ГОСТ Р 55577-2013 можно назвать разработанное булочное изделие функциональным. В информации о пищевой ценности возможно указывать, что булочное изделие является источником пищевых волокон и минералов – К и Mg. Также можно указать, что данный продукт способствует усилению перистальтики кишечника, способствует нормальному функционированию мышц, включая сердечную, и нормальному функционированию нервной и мышечной системы, а также положительно влияет на метаболизм [15, 16].

Применение рисовой муки и сушеных ягод гуараны в технологии приготовления булочных изделий позволяет расширить ассортимент и получить продукт с улучшенными свойствами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- ГОСТ 26574-2017. Мука пшеничная хлебопекарная. Технические условия (с Поправкой), 2007. 11 с.
- Продукты здорового питания: новые технологии, обеспечение качества, эффективность применения / А.Н. Австриевских, А.А. Вековцев,

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СУШЕНЫХ ЯГОД ГУАРАНЫ И РИСОВОЙ МУКИ В ПРОИЗВОДСТВЕ БУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ

В.М. Позняковский. Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2005. 416 с.

3. Ахмедова Т.П. Получение и оценка качества порошков из плодовоовощного сырья // Образование и наука без границ : социально-гуманитарные науки. 2016. № 5. С. 186–190.

4. Бобренева И.В. Подходы к созданию функциональных продуктов питания. М. : LAP Lambert Academic Publishing, 2016. 484 с.

5. Корячкина С.Я. Функциональные пищевые ингредиенты и добавки для хлебобулочных и кондитерских изделий. С-Пб. : ГИОРД, 2013. 528 с.

6. Магомедов Г.О., Лобосова Л.А. Функциональные пищевые ингредиенты и добавки в производстве кондитерских изделий : учеб. пособие. Санкт-Петербург : ГИОРД, 2015. 440 с.

7. Могильный, М.П. Пищевые и биологически активные вещества в питании. ДеЛипринт, 2007. 240 с.

8. Неповинных Н.В. Пищевые волокна: функционально-технологические свойства и применение в технологиях продуктов питания на основе молочной сыворотки : монография. М. : ИНФРА-М, 2017. 641 с.

9. Нилова Л.П., Пилипенко Т.В. Товароведение и экспертиза пищевых продуктов функционального назначения : учеб. пособие. Санкт-Петербург : Троицкий мост, 2019. 200 с.

10. Позняковский, В.М. Гигиенические основы питания, безопасность и экспертиза пищевых продуктов : учебник ; 3-е изд., испр. и доп. Новосибирск : Изд-во Сибирского ун-та, 2012. 556 с.

11. Скурихин И.М., Тутельян В.А. Химический состав российских продуктов питания : справочник. Москва : ДеЛипринт, 2002. 236 с.

12. ГОСТ 31986-2012. Метод органолептической оценки качества продукции общественного питания / Введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 27 июня 2013 г., № 196-ст с 1 января 2015 г.

13. Paulliniasorbilis // Ботанический словарь / сост. Н.И. Анненков. С-Пб. : Тип. Имп. АН, 1878. XXI. 645 с.

14. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации : метод. рекомендации ; МР 2.3.1.0253-21. Официальное издание. М.: Роспотребнадзор, 2021, 72 с.

15. ГОСТ Р 55577-2013 Продукты пищевые специализированные и функциональные. Информация об отличительных признаках и эффективности / утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии 06 сентября 2013 г. N 852-ст. Дата введения 2015-01-01.

16. ГОСТ 54059-2010 Продукты пищевые функциональные. Ингредиенты пищевые функциональные. Классификация и общие требования. Утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 30 ноября 2010 г. № 683-ст. Дата введения 2012-01-01.

Информация об авторах

В. Н. Макарова – магистрант факультета биотехнологий Пензенского государственного технологического университета.

Е. Г. Соболев – магистрант факультета биотехнологий Пензенского государственного технологического университета.

О. Н. Пчелинцева – кандидат технических наук, доцент кафедры «Пищевые производства».

З. А. Бочкарева – кандидат технических наук, доцент кафедры «Пищевые производства».

REFERENCES

1. Baking wheat flour. Technical Specifications (as amended). (2007). HOST 26574-2017, Moscow: Standards Publishing House. (In Russ.).

2. Austrievskikh, A.N., Vekovtsev, A.A. & Poznyakovsky, V.M. (2005). *Products of healthy nutrition: new technologies, quality assurance, efficiency of application.* Novosibirsk: Sib. univ. (In Russ.).

3. Akhmedova, T.P. (2016). Obtaining and evaluating the quality of powders from fruit and vegetable raw materials. *Education and science without borders: social and humanitarian sciences.* (5), 186-190. (In Russ.).

4. Bobreneva, I.V. (2016). *Approaches to the creation of functional food products.* M. : LAP Lambert Academic Publishing. (In Russ.).

5. Koryachkina, S.Ya. (2013). Functional food ingredients and additives for bakery and confectionery products. St. Petersburg: GIORД. (In Russ.).

6. Magomedov, G.O. & Lobosova, L.A. (2015). *Functional food ingredients and additives in the production of confectionery products: a textbook.* Saint-Petersburg: GIORД. (In Russ.).

7. Mogilny, M.P. (2007). Food and biologically active substances in nutrition. Delhi print. (In Russ.).

8. Nevovinykh, N.V. (2017). *Food fibers: functional and technological properties and application in the technologies of food products based on whey.* Monograph. M. : INFRA-M. (In Russ.).

9. Nilova, L.P. & Pilipenko, T.V. (2019). Commodity science and expertise of food products of functional purpose: a textbook. St. Petersburg: Troitsky Bridge. (In Russ.).

10. Poznyakovsky, V.M. (2012). *Hygienic bases of nutrition, safety and examination of food products: textbook.* Novosibirsk: Publishing House of the Siberian University. (In Russ.).

11. Skurikhin, I.M. & Tutelyan, V.A. (2002). *Chemical composition of Russian food products: Handbook.* Moscow: DeLiprint. (In Russ.).

12. Method of sensory evaluation of catering products (2014). HOST 31986-2012. Moscow: Standards Publishing House. (In Russ.).

13. Annenkov, N.I. (1878). *Paulliniasorbilis*. *Botanical Dictionary*. St. Petersburg: Tip. Imp. AN. (In Russ.).

14. Norms of physiological needs for energy and nutrients for various population groups of the Russian Federation: method. Recommendations (2021). *MP 2.3.1.0253-21*. Official publication. Moscow: Rosпотреbnadzor. (In Russ.).

15. Specialized and functional foodstuffs. Information about the distinctive signs and efficiency claims (2015). *HOST P 55577-2013*. Moscow: Standards Publishing House. (In Russ.).

16. Functional foods. Functional food ingredients. Classification and general requirements (2012). *HOST 54059-2010*. Moscow: Standards Publishing House. (In Russ.).

Information about the authors

V. N. Makarova – Master's student of the Faculty of Biotechnology of the Penza State Technological University.

Y. G. Sobolev – Master's student of the Faculty of Biotechnology, Penza State Technological University.

O. N. Pchelintseva – candidate of technical sciences, associate professor of the department 'Food Production'.

B. Z. Albertovna – candidate of technical sciences, associate professor of the department 'Food Production'.

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare that there is no conflict of interest.*

Статья поступила в редакцию 25.05.2021; одобрена после рецензирования 10.09.2021; принята к публикации 17.09.2021.

The article was received by the editorial board on 25 May 21; approved after editing on 10 Sep 21; accepted for publication on 17 Sep 21.



Обзорная статья

05.18.15 – Технология и товароведение пищевых продуктов и функционального и специализированного назначения и общественного питания

УДК 663.15

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.03.011

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ ПОЛУЧЕНИЯ МИКРОБНЫХ МАСЕЛ

Иван Игоревич Хвостов ¹, Анна Викторовна Борисова ²

^{1,2} Самарский государственный технический университет, Самара, Россия

¹ ivan.hvostov.98@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6149-5359>

² anna_borisova_63@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0833-987X>

Аннотация. В обзорной статье представлены зарубежные исследования и способы получения микробных масел, пригодных для использования в пищевых и нутрицевтических целях, а также для медицинского применения. Микробное масло в основном получают за счет глубоинной ферментации с помощью штаммов микроорганизмов, которые могут накапливать более 20 % своей сухой биомассы в виде липидов или свободных жирных кислот. Микробные масла получают путем культивирования дрожжей с высокой липидообразующей способностью совместно с микроводорослями, либо на различных питательных средах: подсырной сыворотке, патоке, крахмальных водах и др. Для получения микробных масел также используют нитчатые грибы, изоляты масляных дрожжей и иммобилизованные липазы. Большой интерес представляют устойчивые к изменению кислотности среды дрожжи, получение масел путем глубоинного культивирования таких дрожжей снижает затраты на производство продукта. Кроме того, меняя условия культивирования, можно контролировать качественный и количественный состав микробного масла, содержание полиненасыщенных кислот, выход свободных жирных кислот. Полученные микробные масла богаты пальмитиновой, олеиновой, линолевой и линоленовой кислотами, их содержание достигало до 47 %, максимальный выход масла был 64,8 %.

Ключевые слова: микробное масло, микроводоросли, маслянистые дрожжи, нитчатые грибы, *Yarrowia lipolytica*, *Umbelopsis (Mortierella) isabellina*, *Geotrichum candidum* NBT-1, *Pichia kudriavzevii* NBT-1, *Thermomyces lanuginosus*, *Rhodotorula glutinis*, *Chlorella vulgaris*, *Metschnikowia pulcherrima*.

Для цитирования: Хвостов, И. И., Борисова, А. В. Анализ технологий получения микробных масел // Ползуновский вестник. 2021. № 3. С. 83–88. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.03.011.

BIOSYNTHESIS OF OILS

Ivan I. Khvostov ¹, Anna V. Borisova ²

^{1,2} Samara State Technical University, Samara, Russia

¹ ivan.hvostov.98@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6149-5359>

² anna_borisova_63@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0833-987X>

Abstract. In the review article, we examined foreign studies and methods of obtaining microbial oil suitable for use in food, nutraceutical purposes, as well as for medical purposes. Microbial oil is obtained by deep fermentation with strains of microorganisms capable of accumulating more than 20 % of their dry biomass in the form of lipids or free fatty acids. Microbial oils are obtained by cultivating oily yeast together with microalgae or on various nutrient media: cheese-whey, molasses, starch waters, etc. Filamentous fungi, oily yeast isolates and immobilized lipases are also used to obtain microbial oil. Microorganisms resistant to pH changes are of great interest. The cost of production will decrease if these microorganisms are used. The yield of free fatty acids, microbial oil, the content of polyunsaturated fatty acids varies under different cultivation conditions and fermentation modes. The obtained microbial oils contain a lot of palmitic, oleic, linoleic and linolenic acids (up to 47 %). The maximum oil yield was 64.8 %.

Keywords: microbial oil, microalgae, oily yeast, filamentous fungi, *Yarrowia lipolytica*, *Umbelopsis (Mortierella) isabellina*, *Geotrichum candidum* NBT-1, *Pichia kudriavzevii* NBT-1, *Thermomyces lanuginosus*, *Rhodotorula glutinis*, *Chlorella vulgaris*, *Metschnikowia pulcherrima*.

Forcitation: Khvostov, I. I. & Borisova, A. V. (2021). Biosynthesis of oils. *Polzunovskiy vestnik*, (3), 83-88. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.03.011.

Растительные масла являются важным компонентом в рационе питания человека. Растет потребность в пищевых и функциональных маслах и жирных кислотах, а также в маслах для нутрицевтических и медицинских целей.

Основным источником жиров, полиненасыщенных жирных кислот, стеаринов и других компонентов в питании человека являются продукты переработки масличных культур. Однако масличные культуры требовательны к условиям произрастания и качеству почвы. На данный момент основными поставщиками растительных масел выступают Индонезия, Малайзия, Бразилия и другие страны с теплым климатом.

Транспортировка масел по всему миру влечет за собой высокие затраты, повышение стоимости масла и дополнительные потери при нарушении норм перевозки, авариях и др.

Альтернативным решением данной проблемы является производство масел биотехнологическими методами. Это позволит производить растительные масла в любых климатических условиях.

ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ КУЛЬТУРЫ МИКРООРГАНИЗМОВ

Для биосинтеза микробных масел используют масляные дрожжи следующих ви-

дов: *Yarrowia lipolytica*, *Geotrichum candidum* NBT-1, *Pichia kudriavzevii* NBT-1, *Thermomyces lanuginosus*, *Rhodotorula glutinis*, *Metschnikowia pulcherrima*, а также нитчатые грибы штамма *Umbelopsis (Mortierella) isabellina*.

Вид *Y. lipolytica*, созданный с помощью генетических методов, является продуцентом липазы. Для дрожжей данного вида липолитическая активность является таксономическим признаком. Оптимум температуры для продукции липазы дрожжами составляет 29 °С, рН среды 5,5. При температуре 42 °С не растет [1]. Данный вид дрожжей способен не только синтезировать микробное масло, но также накапливать более 20 % липидов от сухой массы [2].

Нитчатые грибы, такие как *U. isabellina*, производят масла, богатые мононенасыщенными жирными кислотами и полиненасыщенными жирными кислотами. Чистую культуру хранят при 4 °С на картофельно-декстрозном агаре. Данный вид грибов способен накапливать до 80 % липидов. Как правило, данный штамм используется для получения биотоплива, но исследования последних лет показали, что состав масла меняется в зависимости от условий культивирования, поэтому *U. isabellina* является перспективным «произ-

ПОЛЗУНОВСКИЙ ВЕСТНИК № 3 2021

водителем» микробного масла для пищевого использования [3].

В качестве источника среднецепочечных триглицеридов использовались изоляты дрожжей с высокой липидообразующей способностью штаммов *G. candidum* NBT-1, *P. kudriavzevii* NBT-1. *Thermomyces lanuginosus* выступал в качестве источника иммобилизованной липазы [4].

Также проводили исследования с применением устойчивых к изменению pH культур – *M. pulcherrima* [5].

УСЛОВИЯ И МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ МИКРОБНОГО МАСЛА

В большинстве случаев основным методом получения микробных масел была ферментация выбранной культуры при оптимальных условиях. Ферментацию проводили при 25–28 °С в зависимости от штамма микроорганизмов в кислой среде на орбитальном термостатируемом шейкере инкубаторе при 120–500 об/мин [2, 3, 4, 5]. Ниже приведены более подробные сведения об условиях ферментации.

АНАЭРОБНАЯ ФЕРМЕНТАЦИЯ НА ОСНОВЕ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА МИКРОБНЫХ МАСЕЛ

Микроводоросли, выращенные в потоке сточных вод, широко используются при производстве биотоплива, биогаза и микробного масла для технических целей. Если микроводоросли культивировать в стерильных условиях, то их можно использовать в производстве микробного масла для пищевого применения.

Так, анаэробные микроорганизмы использовали для производства летучих жирных кислот (ЛЖК) с последующим сбраживанием дрожжами *Y. lipolytica*. Данный вид дрожжей способен не только синтезировать микробное масло, но и накапливать более 20 % липидов от сухой массы. Кроме того, у дрожжей короткий жизненный цикл, они могут расти при высокой плотности клеток.

Предварительно обработанную протеолитическими ферментами культуру микроводорослей подавали в качестве субстрата для получения высокой концентрации ЛЖК. Выход летучих веществ составил 6,3 г/л.

Затем ЛЖК концентрировали, центрифугировали и разделяли на две фракции: жидкая использовалась в качестве питательной среды для маслянистых дрожжей для производства микробного масла, а твердую под-

вергали анаэробному сбраживанию для получения биотоплива [6, 7].

Культуру масляных дрожжей *Y. lipolytica* выращивали в роторном шейкере при 25 °С и 150 об/мин, в течение 12 ч культура дрожжей достигала позднюю фазу экспоненциального роста [2, 8, 9]. Жидкую фракцию фильтровали и использовали в качестве субстрата для производства микробного масла. Ежедневно контролировали прирост биомассы и потребление ЛЖК. По окончании брожения (был полностью израсходован субстрат, прирост биомассы был максимальным) контролировали образование микробного масла.

Были израсходованы 86 % ЛЖК в течение первых 72 часов брожения, полностью брожение завершилось через 300 ч.

Устойчивый прирост биомассы был достигнут после 50 ч брожения, что совпало с максимальным потреблением ЛЖК.

Выход микробного масла составил 0,07 г/г ЛЖК.

Однако путь синтеза липидов из ЛЖК до конца не изучен. Гидрофильные субстраты проходят путь *denovo*, на них влияет содержание азота в среде – при повышенном его содержании выход микробного масла снижается [2].

ПОЛУЧЕНИЕ МИКРОБНОГО МАСЛА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ *UMBELOPSIS (MORTIERELLA) ISABELLINA*

Вид *U. Isabellina* был получен из коллекции тропических культур Андре Тозелло. Посевной материал получали в стерильных чашках Петри, содержащих питательную среду картофельно-декстрозный агар (Potato-dextroseagar (PDA)) при 28 °С в течение 120 ч. Размножение клеток проводили с помощью диска грибного мицелия, который помещали в колбу с PDA средой и выдерживали в орбитальном шейкере. Ферментацию в больших объемах проводили в биореакторе с рубашкой с рабочим объемом 2,5 л с четырьмя перегородками, оснащённом шестью лопастями для перемешивания [3, 10].

После ферментации клетки промывали дистиллированной водой и центрифугировали. Затем клетки лиофилизировали, выход биомассы определяли гравиметрически. После мацерации клеток и хранения при –80 °С определяли содержание микробного масла.

Общее содержание липидов определяли гравиметрически.

Для анализа профиля жирных кислот органическую фракцию нагревали при 40 °С в потоке азота. Затем добавляли гексан и метанольный раствор KOH, интенсивно пере-

мешивали до полного растворения. Для анализа состава микробного масла использовали хроматографический метод [3, 11].

Выход микробного масла составил 31,77 %, из которых 16,68 % приходится на полиненасыщенные жирные кислоты.

При анализе состава микробного масла было идентифицировано 15 жирных кислот, основные из них: олеиновая (47 %), пальмитиновая (27 %), линолевая (11 %) и линоленовая (5 %).

Полученное микробное масло обладает хорошим профилем с заметным преобладанием жирных кислот семейства n-6 (линолевая и линоленовая кислоты), также отмечено присутствие семейства n-3 (α -линоленовая (ALA), эйкозапентаеновая (EPA) и докозагексаеновые кислоты (DHA)). У такого микробного масла большой потенциал для использования в пищевых целях и в нутрицевтике [3].

СИНТЕЗ МАСЛА С ВЫСОКИМ СОДЕРЖАНИЕМ СРЕДНЕЦЕПОЧЕЧНЫХ ТРИГЛИЦЕРИДОВ И ПОЛИНЕНАСЫЩЕННЫХ ЖИРНЫХ КИСЛОТ

Среднецепочечные жирные кислоты – класс относительно неисследованных функциональных жирных кислот с большим медицинским, пищевым и диетическим значением. Они усваиваются быстрее длинноцепочечных жирных кислот, напрямую попадают в печень, проходят β -окисление быстрее, а также снижают уровень холестерина в крови, помогают при переизбытке, эпилепсии, дефиците карнитина, в том числе среднецепочечные жирные кислоты являются важным компонентом детских смесей.

Однако масло, обогащенное исключительно среднецепочечными жирными кислотами, с точки зрения питания, считается неполноценным, в его составе должны присутствовать и другие жирные кислоты.

Создание масел с определенным составом может быть выполнено с помощью внесения дополнительных липидов, это приводит к образованию структурированных липидов.

В качестве каркасного масла используются растительные (за исключением масла кокоса, кукурузы и пальмового ядра), рыбные, микробные масла. Такие масла содержат C14-C20, в их составе всего 2–7 % среднецепочечных жирных кислот [4, 12].

Для ферментативного структурирования льняного масла использовались изоляты маслянистых дрожжей *G. candidum* NBT-1 и *P. kudriavzevii* NBT-13, они богаты каприловой кислотой и среднецепочечными жирными

кислотами (около 90 %). Также использовалась специфическая иммобилизованная липаза Immobead 150 из *Thermomyces lanuginosus* [13].

Структурирование липидов осуществлялось ферментно-опосредованным ацидолизом.

Изоляты масляных дрожжей преобразовывали в форму свободных жирных кислот, затем полученную смесь подкисляли соляной кислотой для высвобождения свободных жирных кислот.

Свободные жирные кислоты отделяли экстракцией с гексаном и последующим многократным промыванием дистиллированной водой.

Гексановый слой выпаривали для получения отдельных свободных жирных кислот.

Затем проводили реакцию ацидолиза. Иммобилизованную липазу добавляли к реакционной смеси вместе с гексаном и инкубировали на роторном шейкере. Через 24 ч липазу отделяли центрифугированием с последующей фильтрацией.

Полученная смесь содержала гексан, ацилглицерины и свободные жирные кислоты. Для удаления гексана к смеси добавляли равный объем 0,5 н спиртового раствора KOH, смесь интенсивно встряхивали в течение 15 мин.

Выход свободных жирных кислот из изолята маслянистых дрожжей *G. candidum* *P. kudriavzevii* составляли 10,15 % и 16,8 % соответственно [4].

СОВМЕСТНОЕ КУЛЬТИВИРОВАНИЕ МАСЛЯНИСТЫХ ДРОЖЖЕЙ И МИКРОВОДОРОСЛЕЙ

При таком способе культивирования можно добиться синергетического эффекта: при росте дрожжей выделяется CO₂, потребляемый микроводорослями, которые, в свою очередь, выделяют O₂ для осуществления процессов дыхания дрожжей. Также микроводоросли высвобождают органический углерод и вторичные метаболиты, которые могут потреблять дрожжи, что способствует накоплению и росту липидов [5, 14].

Таким способом культивировали дрожжи *Rhodotorula glutinis* и микроводоросль *Chlorella vulgaris*. В качестве субстрата использовали зерновую дробину после производства этилового спирта из сорго [15]. В зерновой дробине содержатся остаточные сахара, а также азот после сбраживания затора. При концентрации биомассы 21 г/л выход масла составил 28 % [5].

КУЛЬТИВИРОВАНИЕ ДРОЖЖЕЙ, УСТОЙЧИВЫХ К ИЗМЕНЕНИЮ pH

Строгий контроль pH увеличивает затраты при производстве.

В качестве устойчивой культуры были выбраны маслянистые дрожжи *M. pulcherrima* [16]. Их культивировали в открытом резервуаре при низких значениях pH с добавлением антимикробных компонентов. Выход микробного масла составил 30 % [5].

Также проводили культивирование дрожжей в неасептических условиях. Например, устойчивых к низким температурам дрожжей *Y. lipolytica* на нестерильной сырно-сывороточной среде при 15 °C, pH 5,5 [17].

Проводили открытое культивирование *R. glutinis* при высоких концентрациях патоки. За счет высокого содержания сахара не произошло бактериального заражения, в питательной среде увеличивалась биомасса только *R. glutinis*. В этом случае выход микробного масла был рекордным – 64,8 % [5].

ВЫВОДЫ

В данной статье представлен обзор существующих экспериментальных методов получения микробного масла для пищевого использования, были рассмотрены способы получения масла путем ферментации, совместного культивирования маслянистых дрожжей и микроводорослей, а также культивирования дрожжей, устойчивых к изменению pH.

В среднем выход микробного масла составил 28–32 %, наименьший выход был получен при культивировании дрожжей с высокой липидообразующей способностью *G. candidum* и *P. kudriavzevii* и составил 10, 15 и 16,8 %. Максимальный выход микробного масла составил 64,8 % при культивировании *R. glutinis* открытым методом при высоком содержании патоки. В этом случае не потребовалось дополнительных обработок, заражения патогенной микрофлорой не произошло, благодаря высокой концентрации сахара.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Fickers P., Benetti P.H., Wache Y., Marty A., Mauersberger S., Smit M.S., Nicaud J.-M. Hydrophobic substrate utilisation by the yeast *Yarrowialipolytica*, and its potential applications // FEMS Yeast Research. 2005. V. 5. I. 6–7. C. 527–543.
2. Llamas M., Magdalena J.A., Tomas-Pejo E., Gonzalez-Fernandez C. Microalgae-based anaerobic fermentation as a promising technology for producing biogas and microbial oils // Energy. 2020. V. 206. C. 118–184.

3. Somaca S., Pinto V.S., Vendruscolo R.G., Somacal S., Wagner R., Ballus C.A., Kuhn R.C., Mazutti M.A., Menezes C.R. Maximization of microbial oil containing polyunsaturated fatty acid production by *Umbelopsis (Mortierella) isabellina* // Biocatalysis and Agricultural Biotechnology. 2020. V. 30. C. 101831.
4. Diwan B., Gupta P. Synthesis of MCFA and PUFA rich oils by enzymatic structuring of flax oil with single cell oils // LWT. 2020. V. 133. C. 109928.
5. Karameroub E.E., Webb C. Cultivation modes for microbial oil production using oleaginous yeasts // Biochemical Engineering Journal. 2019. V. 151. C. 107322.
6. Cheah W.Y., Ling T.C., Show P.L., Juan, J.C., Chang J.-S., Lee D.-J. Cultivation in wastewaters for energy: a microalgae platform // Applied Energy. 2016. V. 179. C. 609–25.
7. Quiroz-Arita C.E., Peebles C., Bradley T.H. Scalability of combining microalgae-based biofuels with wastewater facilities // Algal Research. 2015. V. 9. C. 160–169.
8. Mahdy A., Mendez L., Ballesteros M., Gonzalez-Fernandez C. Protease pretreated *Chlorella vulgaris* biomass bioconversion to methane via semicontinuous anaerobic digestion // Fuel. 2015. V. 158. C. 35–41.
9. Mahdy A., Mendez L., Blanco S., Ballesteros M., Gonzalez-Fernandez C. Protease cell wall degradation of *Chlorella vulgaris*: effect on methane production // Bioresource Technology. 2014. V. 171. C. 421–427.
10. Asadi S.Z., Khosravi-Darani K., Nikoospour H., Bakhoda H. Evaluation of the effect of process variables on the fatty acid profile of single cell oil produced by *Mortierella* using solid-state fermentation // Critical Reviews in Biotechnology. 2015. V. 35, I. 1. C. 94–102.
11. Bellou S., Triantaphyllidou I.E., Aggeli D., Elazzazy A.M., Baeshen M.N., Aggelis G. Microbial oils as food additives: recent approaches for improving microbial oil production and its polyunsaturated fatty acid content // Current Opinion in Biotechnology. 2016. V. 37. C. 24–35.
12. Bach A.C., Babayan V.K. Medium-chain triglycerides : An update // American Journal of Clinical Nutrition. 1982. V. 36, I. 5. C. 950–962.
13. Barao C.E., de Paris L.D., Dantas J.H., Soares, C.M. F. de Castro, H.F. Zanin, G.M. de Moraes, F.F. Characterization of free and immobilized *Thermomyceslanuginosus* lipase for use in transesterification reactions // Industrial Biotechnology. 2014. V. 10. № 4. C. 305–309.
14. Ma X., Gao M., Gao Z., Wang J., Zhang M., Ma Y., Wang Q. Past, current, and future research on microalga-derived biodiesel: a critical review and bibliometric analysis // Environmental Science and Pollution Research. 2018. V. 25. C. 10596-10610.
15. Zhang Z., Ji H., Gong G., Zhang X., Tan T. Synergistic effects of oleaginous yeast *Rhodotorulaglutinis* and microalga *Chlorella vulgaris* for enhancement of biomass and lipid yields // Bioresource Technology. 2014. V. 164. C. 93–99.
16. Santamauro F., Whiffin F., Scott R., Chuck C. Low-cost lipid production by an oleaginous yeast cultured in non-sterile conditions using model waste resources // Biotechnology for Biofuels. 2014. V. 7. C. 34.

17. Taskin M., Saghafian A., Aydogan M.N., Arslan N.P. Microbial lipid production by cold-adapted oleaginous yeast *Yarrowialipolytica* B9 in non-sterile whey medium // *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*. 2015. V. 9. C. 595–605.

Информация об авторах

И. И. Хвостов – бакалавр Самарского государственного технического университета.

А. В. Борисова – кандидат технических наук, доцент кафедры «Технологии и организации общественного питания» Самарского государственного технического университета.

REFERENCES

1. Fickers, P., Benetti, P.H., Wache, Y., Marty, A., Mauersberger, S., Smit, M.S. & Nicaud, J.-M. (2005). Hydrophobic substrate utilisation by the yeast *Yarrowialipolytica*, and its potential applications. *FEMS Yeast Research*. 5(6-7), 527-543.
2. Llamas, M., Magdalena, J.A., Tomas-Pejo, E. & Gonzalez-Fernandez, C. (2020). Microalgae-based an-aerobic fermentation as a promising technology for producing biogas and microbial oils. *Energy*. (206), 118184.
3. Somaca, S., Pinto, V.S., Vendruscolo, R.G., Somacal, S., Wagner, R., Ballus, C.A., Kuhn, R.C., Mazutti, M.A. & Menezes, C.R. (2020). Maximization of microbial oil containing polyunsaturated fatty acid production by *Umbelopsis (Mortierella) isabellina*. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*. (30), 101831.
4. Diwan, B. & Gupta, P. (2020). Synthesis of MCFA and PUFA rich oils by enzymatic structuring of flax oil with single cell oils. *LWT*. (133), 109928.
5. Karameroub, E.E. & Webb, C. (2019). Cultivation modes for microbial oil production using oleaginous yeasts. *Biochemical Engineering Journal*. (151), 107322.
6. Cheah, W.Y., Ling, T.C., Show, P.L., Juan, J.C., Chang, J.-S. & Lee, D.-J. (2016). Cultivation in wastewaters for energy: a microalgae platform. *Applied Energy*. (179), 609-25.
7. Quiroz-Arita, C.E., Peebles, C. & Bradley, T.H. (2015). Scalability of combining microalgae-based biofuels with wastewater facilities. *Algal Research*. (9), 160-169.
8. Mahdy, A., Mendez, L., Ballesteros, M. & Gonzalez-Fernandez, C. (2015). Protease pretreated *Chlorella vulgaris* biomass bioconversion to methane via semi-continuous anaerobic digestion. *Fuel*. (158), 35-41.

9. Mahdy, A., Mendez, L., Blanco, S., Ballesteros, M. & Gonzalez-Fernandez, C. (2014). Protease cell wall degradation of *Chlorella vulgaris*: effect on methane production. *Bioresource Technology*. (171), 421-427.

10. Asadi, S.Z., Khosravi-Darani, K., Nikoospour, H. & Bakhoda, H. (2015). Evaluation of the effect of process variables on the fatty acid profile of single cell oil produced by *Mortierella* using solid-state fermentation. *Critical Reviews in Biotechnology*. 35(1), 94–102.

11. Bellou, S., Triantaphyllidou, I.E., Aggeli, D., Elazzazy, A.M., Baeshen, M.N. & Aggelis, G. (2016). Microbial oils as food additives: recent approaches for improving microbial oil production and its polyunsaturated fatty acid content. *Current Opinion in Biotechnology*. (37), 24-35.

12. Bach, A.C. & Babayan, V.K. (1982). Medium-chain triglycerides: An update. *American Journal of Clinical Nutrition*. 36(5), 950-962.

13. Barao, C.E., de Paris, L.D., Dantas, J.H., Soares, C.M.F., de Castro, H.F., Zanin, G.M. & de Moraes, F.F. (2014). Characterization of free and immobilized *Thermomyceslanuginosus* lipase for use in transesterification reactions. *Industrial Biotechnology*. 10(4), 305-309.

14. Ma, X., Gao, M., Gao, Z., Wang, J., Zhang, M., Ma, Y. & Wang, Q. (2018). Past, current, and future research on microalga-derived biodiesel: a critical review and bibliometric analysis. *Environmental Science and Pollution Research*. (25), 10596-10610.

15. Zhang, Z., Ji, H., Gong, G., Zhang, X. & Tan, T. (2014). Synergistic effects of oleaginous yeast *Rhodotorulaglutinis* and microalga *Chlorella vulgaris* for enhancement of biomass and lipid yields. *Bioresource Technology*. (164), 93-99.

16. Santamauro, F., Whiffin, F., Scott, R. & Chuck, C. (2014). Low-cost lipid production by an oleaginous yeast cultured in non-sterile conditions using model waste resources. *Biotechnology for Biofuels*. (7), 34.

17. Taskin, M., Saghafian, A., Aydogan, M.N. & Arslan, N.P. (2015). Microbial lipid production by cold-adapted oleaginous yeast *Yarrowialipolytica* B9 in non-sterile whey medium. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*. (9), 595-605.

Information about the authors

I. I. Khvostov – bachelor of the Samara State Technical University.

A. V. Borisova – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technology and Organization of Public Catering of the Samara State Technical University.

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare that there is no conflict of interest.*

Статья поступила в редакцию 06.06.2021; одобрена после рецензирования 03.09.2021; принята к публикации 10.09.2021.

The article was received by the editorial board on 6 June 21; approved after reviewing 3 Sep 21; accepted for publication on 10 Sep 21.



Научная статья
05.18.04 – Технология мясных, молочных и рыбных продуктов и холодильных производств (технические науки)
УДК 664.931
doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.03.012

ИДЕНТИФИКАЦИЯ КАЧЕСТВА КОМПЛЕКСНЫХ ПИЩЕВЫХ ДОБАВОК ДЛЯ МЯСНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Александр Анатольевич Лукин ¹, Наталья Леонидовна Наумова ²

^{1,2} Южно-Уральский государственный университет (НИУ), Челябинск, Россия

¹ lukin3415@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-4753-3210>

² n.naumova@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0586-6359>

Аннотация. Большое значение в мясоперерабатывающей промышленности приобретают многофункциональные комплексные пищевые добавки, которые упрощают и ускоряют процесс производства продуктов. Целью исследования стала идентификация качества комплексных пищевых добавок производства ООО «Кульмбах-Д». Установлено, что композиции «Арома Перфект», «Гриль комби PF», «Хикори» и «Чеснок 1:6» по органолептическим и физико-химическим показателям соответствуют регламентированным требованиям. В составе добавки «Чеснок 1:6» выявлено наличие поваренной соли, не заявленное производителем. Во всех добавках установлено присутствие пищевых волокон. Проба «Чеснок 1:6» отличается на фоне других комплексных добавок повышенным содержанием Al, Li, Mg, P, Si, Sr, Te, а также наличием Mo, Ti, V, W. Добавка «Хикори» имеет относительно высокие количества Ca, Cr и Fe, но не содержит Si, заявленного производителем в составе E551. Композиция «Гриль комби PF» выделяется повышенным содержанием Mn, Na и Zn, «Арома Перфект» – Si. Важно отметить присутствие усилителей вкуса и аромата E627 и E631 в «Арома Перфект», а также стабилизатора и эмульгатора E450 – в «Гриль комби PF». По данным ряда специалистов эти компоненты являются вредными, поскольку способны вызывать расстройства работы кишечника и желудка. В этой связи необходимо понимать, какие пищевые добавки стоит исключить из личного рациона, какие особенно опасны, а какие можно время от времени употреблять в малых количествах в составе мясных продуктов.

Ключевые слова: комплексные пищевые добавки, мясная промышленность, качество, химический состав, безопасность, свойства.

Для цитирования: Лукин А. А., Наумова Н. Л. Идентификация качества комплексных пищевых добавок для мясной промышленности // Ползуновский вестник. 2021. № 3. С. 89–94. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.03.012.

Original article

QUALITY IDENTIFICATION OF COMPLEX FOOD SUPPLEMENTS FOR MEAT INDUSTRY

Alexander A. Lukin ¹, Natalya L. Naumova ²

^{1,2} South Ural State University, Chelyabinsk, Russia

¹ lukin3415@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-4753-3210>

² n.naumova@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0586-6359>

© Лукин, А. А., Наумова, Н. Л., 2021

Abstract. Multifunctional complex food food supplements that simplify and accelerate the process of food production have the great importance in the meat processing industry. The aim of the study was to identify the quality of complex food supplements produced by LLC Kulmbach-D. It was found that the compositions "Aroma Perfect", "Grill combi PF", "Hickory" and "Garlic 1:6" in terms of organoleptic and physicochemical indicators correspond to the regulated requirements. The composition of the supplement "Garlic 1:6" revealed the presence of table salt, which was not declared by the manufacturer. Dietary fiber was found in all supplements. The sample "Garlic 1:6" differs from other complex supplements by the increased content of Al, Li, Mg, P, Si, Sr, Te, as well as the presence of Mo, Ti, V, W. The supplement "Hickory" has relatively high amounts of Ca, Cr and Fe, but does not contain Si, declared by the manufacturer in the composition of E551. The composition "Grill combi PF" contents of Mn, Na and Zn, "Aroma Perfect" - Cu. It is important to note the presence of flavor and aroma enhancers E627 and E631 in "Aroma Perfect", as well as stabilizer and emulsifier E450 in "Grill combi PF". According to a number of specialists, these components are harmful and can cause disorders of the intestines and stomach. In this regard, it is necessary to understand which food additives need to be excluded from the personal diet, which are especially dangerous, and which can be used from time to time in small quantities as part of meat products.

Keywords: complex food supplements, meat industry, quality, chemical composition, safety, properties.

For citation: Lukin, A. A. & Naumova, N. L. (2021). Quality identification of complex food supplements for meat industry. *Polzunovskiy vestnik*, (3), 89-94. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.03.012.

ВВЕДЕНИЕ

Применение пищевых добавок в мясной отрасли упрощает и ускоряет процесс производства продуктов питания, снижает их себестоимость и в определённой степени помогает решить проблемы их качества, безопасности и сохранности. Весьма широкое применение пищевые добавки получили при производстве копчёностей, полуфабрикатов, колбасных изделий, которые в нашей стране являются наиболее востребованными мясными продуктами [1–3].

Всё большее значение в последнее время приобретают многофункциональные комплексные пищевые добавки, в состав которых входят вкусоароматические вещества, водосвязывающие фосфатные препараты, стабилизаторы цвета, а также консерванты и антиокислители, замедляющие микробную и немикробную порчу мясных продуктов [4–6].

Все пищевые добавки должны проходить проверку на качество, быть безопасными для здоровья потребителей [7–11].

Целью исследования стала идентификация качества комплексных пищевых добавок для мясной промышленности.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Материалом для испытаний послужили комплексные пищевые добавки производства ООО «Кульмбах-Д» (Московская обл., г. Красноармейск), выпускаемые по ТУ 10.89.19-008-58251238-20, следующего состава:

- «Арома Перфект»: декстроза, мальто-

декстрин, соль пищевая, E621, E627, E631, дрожжевой экстракт, экстракты чеснока, перца, кардамона, кориандра, E551;

- «Гриль комби PF»: декстроза, E450-E452, мальтодекстрин, E300, E301, соль пищевая, E1442, E407, E415, гранулированный бульон на растительной основе, E508, экстракты перца, сельдерея, E551;

- «Хикори»: соль пищевая, гранулированный бульон на растительной основе, специи (лук, чеснок, перец, тмин), E621, ароматизатор Гриль, экстракты сельдерея, тмина, E551;

- «Чеснок 1:6»: декстроза, чесночный порошок, экстракт чеснока, E551.

Органолептические показатели пищевых добавок изучали по ГОСТ 15113.3-77. Содержание влаги определяли по ГОСТ 15113.4-77, поваренной соли – по ГОСТ 15113.7-77, металлических и посторонних примесей, зараженность вредителями хлебных запасов по – ГОСТ 15113.2-77, белка и пищевых волокон – общепринятыми методами [12], минеральных веществ – по МУК 4.1.1482-03 и МУК 4.1.1483-03.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

По внешнему виду (рисунок 1) исследуемые добавки представляют собой тонкоизмельченные сыпучие порошки со специфическими свойственными насыщенными запахами, характерными для входящих в их состав специй, белого («Арома Перфект»), белого с кремовым оттенком («Чеснок 1:6»), светло-кремового («Гриль комби PF») или кремового с серым оттенком («Хикори») цвета.

ПОЛЗУНОВСКИЙ ВЕСТНИК № 3 2021

ИДЕНТИФИКАЦИЯ КАЧЕСТВА КОМПЛЕКСНЫХ ПИЩЕВЫХ ДОБАВОК ДЛЯ МЯСНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

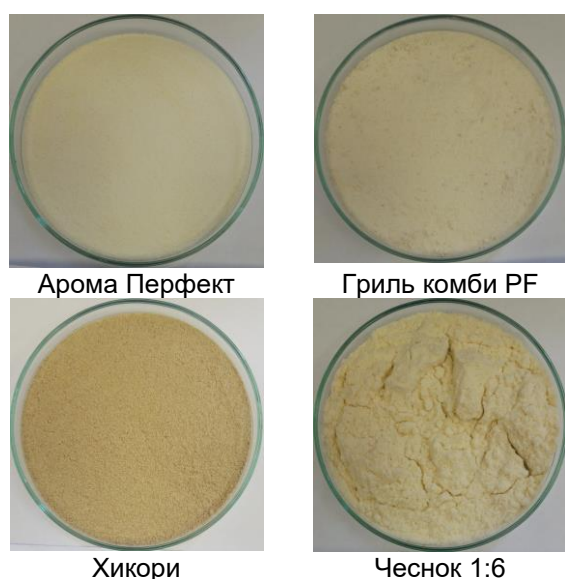


Рисунок 1 – Внешний вид пищевых добавок
Figure 1 – Visual appearance of food supplements

Предварительно необходимо отметить, что в сопровождающих товар документах, а именно в спецификациях, не указаны пределы (минимальные или максимальные) содержания тех или иных нутриентов в составе исследуемых пищевых добавок. В этой связи сравнение полученных результатов по количеству белка и жира с уровнями, заявленными производителем товара, представляет определенную сложность. Несмотря на это, в добавке «Чеснок 1:6» содержание белка отличается в большую сторону от регламентированного значения в 4,6 раза, «Арома Перфект» – в 2,9 раза, «Гриль комби PF» – в 2,2 раза, «Хикори» – в 1,9 раза. Белковая составляющая в данном сырье обусловлена, в первую очередь, присутствием бульона на растительной основе и усилителей вкуса и аромата E621, E627.

Таблица 1 – Качество пищевых добавок

Table 1 – Quality of food supplements

Показатель	Данные из спецификации на продукт	Результаты исследования			
		Арома Перфект	Гриль комби PF	Хикори	Чеснок 1:6
Физико-химические показатели:					
Массовая доля влаги, %	не более 15,0	4,8 ± 0,3	5,5 ± 0,2	5,7 ± 0,3	11,7 ± 0,3
Массовая доля металлических примесей, %	не более 0,001	не обнаружено			
Зараженность вредителями хлебных запасов	не допускается				
Посторонние примеси					
Основные компоненты:					
Массовая доля белка, %	в соответствии с составом	4,1 ± 0,2 (1,4*)	2,4 ± 0,1 (1,1*)	18,0 ± 1,3 (9,3*)	3,2 ± 0,2 (0,7*)
Массовая доля поваренной соли, %	не регламентируется	19,3 ± 1,6	9,4 ± 0,7	44,5 ± 3,2	3,5 ± 0,2
Содержание пищевых волокон, г/100 г		3,5 ± 0,2	1,8 ± 0,1	1,5 ± 0,1	6,0 ± 0,5

Примечание: * - заявлено производителем в спецификации, г/100 г

Поваренная соль, выполняющая в составе комплексных пищевых добавок для производства мясных изделий сразу несколько функций (влияет на содержание влаги в продукте, его выход, активность воды, микробиологическую стабильность продукта в процессе хранения и др.) [13], представляет особый интерес. Ее содержание оказалось максимальным в «Хикори» и минимальным – в «Чеснок 1:6», что логично для первой композиции и недопустимо для второй (не заявлена

в составе комплексной добавки).

Присутствие в составе исследуемых добавок растительных ингредиентов (чесночный порошок), каррагинанов (E407) и камедей (E415) подвигло к дальнейшему изучению в них количества пищевых волокон. Установлено, что на фоне образцов-конкурентов проба «Чеснок 1:6» отличается их повышенным уровнем, что немаловажно, например, при составлении фаршей, поскольку пищевые волокна влияют на их адгезионные и функци-

онально-технологические (влаго-, жирудерживающую способность и др.) свойства [14]. Также при введении пищевых волокон в мясные изделия решается технологическая задача формирования необходимой консистенции и улучшения свойств продукта, а также предотвращения бульонно-жировых отеков [15].

Принимая во внимание, что в состав пищевых добавок входят соли, оксиды металлов и другие химические соединения, был подробно изучен их минеральный состав (таблица 2). В этом плане можно выделить образец «Чеснок 1:6», отличающийся на фоне других комплексных добавок обширным перечнем присутствующих минералов (содержит 22 элемента) и повышенным содержанием Al, Li, Mg, P, Si, Sr, Te, а также наличием Mo, Ti, V, W. Эта же добавка – един-

ственная композиция, содержащая свинец, уровень которого не превысил нормы ТР ТС 021/2011. Учитывая состав указанной пищевой добавки, видно, что основной вклад в формирование ее минеральной ценности вносит чесночный порошок. В этой связи сравнили данные по количеству отдельных минеральных элементов, содержащихся в сушеном чесноке, опубликованные в ряде научных трудов [16, 17], с полученными результатами. Выявлено, в пробе «Чеснок 1:6» отсутствует такой важный макроэлемент, как К, количество которого в аналогичном сырье составляет 8622 мг/кг. Содержание Са неоспоримо низкое (25,2 против 3976 мг/кг), уровни Fe, Na, Mg и P согласуются с общеизвестными данными (36; 378; 561 и 3435 мг/кг соответственно).

Таблица 2 – Минеральный состав пищевых добавок

Table 2 – Mineral composition of food supplements

Определяемый элемент	Результаты исследования, мг/кг			
	Арома Перфект	Гриль комби PF	Хикори	Чеснок 1:6
Al	3,55 ± 0,22	–	1,45 ± 0,09	4,38 ± 0,27
B	–	0,74 ± 0,03	0,80 ± 0,01	0,52 ± 0,02
Ba	–	0,15 ± 0,01	–	0,13 ± 0,01
Ca	–	–	28,03 ± 1,17	25,21 ± 1,11
Cr	0,50 ± 0,02	2,50 ± 0,12	4,80 ± 0,33	0,11 ± 0,01
Cu	1,15 ± 0,07	–	0,75 ± 0,04	0,33 ± 0,02
Fe	2,50 ± 0,11	7,87 ± 0,41	16,00 ± 1,20	6,22 ± 0,38
Li	–	1,48 ± 0,09	–	2,88 ± 0,13
Mg	0,60 ± 0,02	2,50 ± 0,14	3,45 ± 0,25	65,20 ± 3,04
Mn	0,30 ± 0,01	1,75 ± 0,12	–	0,27 ± 0,01
Mo	–	–	–	0,047 ± 0,002
Na	25,00 ± 1,90	94,90 ± 4,18	28,00 ± 1,81	75,52 ± 5,08
P	2,50 ± 0,12	115,02 ± 8,32	7,50 ± 0,44	496,11 ± 20,41
Pb	–	–	–	0,088 ± 0,003
Si	1,50 ± 0,08	161,14 ± 9,16	–	381,09 ± 17,63
Sn	0,10 ± 0,01	0,10 ± 0,01	0,10 ± 0,01	0,13 ± 0,01
Sr	–	0,05 ± 0,01	–	0,26 ± 0,02
Te	–	1,60 ± 0,08	–	2,28 ± 0,14
Ti	–	–	–	0,59 ± 0,02
V	–	–	–	0,11 ± 0,01
W	–	–	–	0,096 ± 0,004
Zn	4,50 ± 0,20	12,50 ± 1,03	7,50 ± 0,31	3,15 ± 0,16

Комплексная пищевая добавка «Хикори» отличается относительно высоким количеством Са, Cr и Fe. При этом в ее минеральном составе не обнаружен Si, несмотря на присутствие антислеживающего агента E551 (диоксида кремния) по утверждению производителя.

Композиция «Гриль комби PF» выделяется повышенным содержанием Mn, Na и Zn, «Арома Перфект» – только Cu.

Известно, что малые дозы вещества при их частом употреблении, могут оказать для

организма человека более опасными, чем большие, но редко потребляемые. Так, лимонная кислота (E330), содержание которой в продуктах не нормируется, может вызвать приступ у больных язвой желудка [10]. Обращаясь к перечню ингредиентов, входящих в состав исследуемых пищевых добавок, можно отметить присутствие E627 и E631 в «Арома Перфект», а также E450 – в «Гриль комби PF». По данным ряда специалистов эти компоненты являются вредными, поскольку способны вызывать расстройства

ИДЕНТИФИКАЦИЯ КАЧЕСТВА КОМПЛЕКСНЫХ ПИЩЕВЫХ ДОБАВОК ДЛЯ МЯСНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

работы кишечника и желудка [7, 8]. В этой связи необходимо понимать, какие пищевые добавки стоит исключить из личного рациона, какие особенно опасны, а какие можно время от времени употреблять в малых количествах в составе мясных продуктов [10].

ВЫВОДЫ

Исследуемые пищевые добавки по органолептическим и физико-химическим показателям соответствуют регламентированным требованиям. Однако в составе добавки «Чеснок 1:6» выявлено наличие поваренной соли, не заявленное производителем. Во всех добавках установлено присутствие пищевых волокон. Проба «Чеснок 1:6» отличается на фоне других комплексных добавок повышенным содержанием Al, Li, Mg, P, Si, Sr, Te, а также наличием Mo, Ti, V, W. Добавка «Хикори» имеет относительно высокие количества Ca, Cr и Fe, но не содержит Si, заявленного производителем в составе E551. Композиция «Гриль комби PF» выделяется повышенным содержанием Mn, Na и Zn, «Арома Перфект» – Cu.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агапкин А.М. Еще немного о классификации и краткой характеристике пищевых добавок // Товаровед продовольственных товаров. 2021. № 5. С. 382–386. DOI: <http://doi.org/10.33920/igt-2105-07>.
2. Канцурова Е.С., Козликин А.В. Использование пищевых добавок при производстве мясных полуфабрикатов // Электронный научный журнал. 2020. № 5 (34). С. 24–26.
3. Беляева М.А., Гульванский Р.А., Спасский К.Г. Роль пищевых добавок в производстве мясных рубленых полуфабрикатов // Пищевая промышленность. 2019. № 3. С. 54–57.
4. Красула О.Н., Шумский Ю.А., О.П. Печурина. Опыт внедрения систем менеджмента при производстве, хранении и реализации пищевых добавок // Мясная индустрия. 2021. № 2. С. 18–22.
5. Жаринов, А.И. Пищевые добавки и ингредиенты: особенности использования в технологии мясных продуктов / А.И. Жаринов, О.В. Кузнецова // Мясные технологии. 2021. № 2 (218). С. 30–33. DOI: <http://doi.org/10.33465/2308-2941-2021-05-30-35>.
6. Новые комплексные пищевые добавки для полукопченых и варёно-копченых колбас / В.А. Андреенков, Л.В. Алёхина, Е.В. Мансветова // Мясная индустрия. 2015. № 9. С. 16–18.
7. Бисемалиева, Х.Ф. Пищевые добавки, их влияние на здоровье человека / Х.Ф. Бисемалиева // Евразийское Научное Объединение. 2021. № 2–3 (72). С. 142–143.
8. Пищевые добавки как фактор риска обострения хронических заболеваний / Г.Г. Максимова, Ю.Г. Азнабаева, А.В. Запасная // Дневник казанской медицинской школы. 2020. № 3 (29). С. 31–42.
9. Аблямитова, К.Р. Пищевые добавки и безопасность продуктов питания / К.Р. Аблямитова, Е.Н. Летягина // Агропродовольственная политика России. 2020. № 4. С. 2–5.
10. Толстова, Н.Ю. Пищевые добавки и их влияние на здоровье человека / Н.Ю. Толстова, Р.В. Кузнецова // Наука и Образование. 2020. Т. 3. № 3. С. 293.
11. Агапкин, А.М. Запрещенные пищевые добавки: нормирование, побочное действие, ответственность за нарушение законодательства / А.М. Агапкин, Н.А. Ибрагимова // Экономика и предпринимательство. 2021. № 2 (127). С. 1121–1124. DOI: <http://doi.org/10.34925/EIP.2021.127.2.224>.
12. Руководство по методам анализа качества и безопасности пищевых продуктов / Под ред. И.М. Скурихина, В.А. Тутельяна. М. : Брандес, Медицина, 1998. 342 с.
13. Мокрецов, И.В. Обоснование уровня внесения соли в фарш ферментированных колбас для детского питания / И.В. Мокрецов, С.А. Сидоров // Ресурсосберегающие экологически безопасные технологии хранения и переработки сельскохозяйственной продукции : сборник статей по материалам международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию Курганской области. 2018. С. 329–333.
14. Прянишников, В.В. Пищевые волокна в технологии мясных полуфабрикатов / В.В. Прянишников // Рациональное питание, пищевые добавки и биостимуляторы. 2016. № 5. С. 25–26.
15. Тюрина, Л.Е. Технология производства функциональных мясных продуктов / Л.Е. Тюрина, Н.А. Табаков. Красноярск. : Красноярский государственный аграрный университет, 2011. 102 с.
16. Сидельникова, Н.А. Ресурсосберегающие технологии глубокой переработки чеснока / Н.А. Сидельникова, В.В. Смирнова // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2019. № 4 (24). С. 253–262.
17. Сидоренко, Т.А. Использование местного плодово-ягодного сырья в производстве натуральных пищевых добавок [Белоруссия] / Т.А. Сидоренко // Пищевая и перерабатывающая промышленность. Реферативный журнал. 2009. № 1. С. 223.

Информация об авторах

А. А. Лукин – кандидат технических наук, доцент кафедры «Пищевые и биотехнологии» Южно-Уральского государственного университета (НИУ).

Н. Л. Наумова – магистрант кафедры «Экология и химическая технология» Южно-Уральского государственного университета (НИУ).

REFERENCES

1. Agapkin, A.M. (2021). A little more about the classification and brief characteristics of food additives. *Food commodity specialist*, (5), 382-386. (In Russ.). DOI: <http://doi.org/10.33920/igt-2105-07>.
2. Kantsurova, E.S. (2020). The use of food additives in the production of semi-finished meat products. *Electronic scientific journal*, 5 (34), 24-26. (In Russ.).
3. Belyaeva, M.A., Gulvansky, R.A. & Spassky, K.G. (2019). The role of food additives in the production of minced meat semi-finished products. *Food Industry*, (3), 54-57. (In Russ.).
4. Krasulya, O.N., Shumsky, Yu.A. & Pechurina, O.P. (2021). Experience in the implementation of management systems in the production, storage and sale of food additives. *Meat Industry*, (2), 18-22. (In Russ.).
5. Zharinov, A.I. & Kuznetsova, O.V. (2021). Food additives and ingredients: features of use in technology of meat products. *Meat technologies*, 2 (218), 30-33. (In Russ.). DOI: <http://doi.org/10.33465/2308-2941-2021-05-30-35>.
6. Andreenkov, V.A., Alekhina, L.V. & Mansvetova, E.V. (2015). New complex food additives for semi-smoked and boiled-smoked sausages. *Meat Industry*, (9), 16-18. (In Russ.).
7. Bisemalieva, H.F. (2021). Food additives, their impact on human health. *Eurasian Scientific Association*, 2-3 (72), 142-143. (In Russ.).
8. Maksimov, G.G., Aznabaeva, Yu.G. & Zaspasnaya, A.V. (2020). Food additives as a risk factor for exacerbation of chronic diseases. *Diary of the Kazan medical school*, 3 (29), 31-42. (In Russ.).
9. Ablyamitova, K.R. & Letyagina, E.N. (2020). Food additives and food safety. *Agri-food policy of Russia*, (4), 2-5. (In Russ.).
10. Tolstova, N.Yu. & Kuznetsova, R.V. (2020). Food additives and their impact on human health. *Science and Education*, 3(3), 293. (In Russ.).
11. Agapkin, A.M. & Ibragimova, N.A. (2021). Prohibited food additives: rationing, side effects, liability for violation of the law. *Economy and Entrepreneurship*, 2 (127), 1121-1124. (In Russ.). DOI: <http://doi.org/10.34925/EIP.2021.127.2.224>.
12. Skurikhin, I.M. & Tutelyan, V.A. (1998). Guide to Methods for Analysis of Food Quality and Safety: Handbook. Moscow: Brandes, Medicine. P. 342. (In Russ.).
13. Mokretsov, I.V. & Sidorov, S.A. (2018). Substantiation of the level of salt introduction into minced meat of fermented sausages for baby food. *Resource-saving environmentally friendly technologies for storage and processing of agricultural products: Collection of articles based on the materials of the international scientific-practical conference dedicated to the 75th anniversary of the Kurgan region*, 329-333. (In Russ.).
14. Pryanishnikov, V.V. (2016). Food fibers in the technology of semi-finished meat products. *Rational nutrition, food additives and biostimulants*, (5), 25-26. (In Russ.).
15. Tyurina, L.E. & Tabakov, N.A. (2011). Production technology of functional meat products. Krasnoyarsk: Krasnoyarsk State Agrarian University. P. 102. (In Russ.).
16. Sidelnikova, N.A. & Smirnova, V.V. (2019). Resource-saving technologies of deep processing of garlic. *Innovations in the agro-industrial complex: problems and prospects*, 4 (24), 253-262. (In Russ.).
17. Sidorenko, T.A. (2009). The use of local fruit and berry raw materials in the production of natural food additives [Belarus]. *Food and processing industry. Abstract journal*, (1), 223.

Information about the authors

A. A. Lukin – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Food and Biotechnology, South Ural State University.

N. L. Naumova – Master's student of the Department of Ecology and Chemical Technology, South Ural State University.

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare that there is no conflict of interest.*

Статья поступила в редакцию 22.06.2021; одобрена после рецензирования 10.09.2021; принята к публикации 17.09.2021.

The article was received by the editorial board on 28 June 21; approved after reviewing on 10 Sep 21; accepted for publication on 17 Sep 21.



Научная статья
05.18.04 – Технология мясных молочных и рыбных продуктов и холодильных производств (технические науки)
УДК 637.146
doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.03.013

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАСТИТЕЛЬНОГО КОМПОНЕНТА В BIOTEХНОЛОГИИ ЙОГУРТА

Юлия Геннадьевна Стурова ¹, Дарья Дмитриевна Гильдерман ²

^{1,2} Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, Барнаул, Россия

¹ y_sturova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4492-6628>

² gilderman99@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6036-440X>

Аннотация. Важным и необходимым условием для сохранения жизни и здоровья, а также работоспособности населения страны, является полноценное и здоровое питание, в организации которого превалирующее место в основной группе жизненно необходимых продуктов занимает молоко и молочные продукты. Вследствие чего во внимание ведущих ученых и специалистов России постоянно находятся вопросы развития технологий в молочной промышленности. Кисломолочные продукты содержат биологически активные компоненты, которые при регулярном употреблении обеспечивают полезное воздействие на организм человека и на его определенные органы, системы, биотопы.

Йогурт отличается рядом полезных свойств. Он препятствует размножению гнилостных кишечных бактерий, улучшает пищеварение, способствует очищению кишечника и лучшему усвоению пищи. Данный продукт замедляет процессы старения, поскольку молочная кислота, способна уничтожать бактерии, являющиеся виновниками гниения пищи в кишечнике. Йогурт является источником ферментов, минеральных солей, белков и витаминов B12 и D, органических и насыщенных жирных кислот, моно- и дисахаридов, макро- и микроэлементов, является источником кальция.

Галега лекарственная обладает подобным инсулину действием при сахарном диабете, ее применяют как дополнительное средство к лечению инсулином, что позволяет уменьшить дозы последнего, а также действует мочегонно, потогонно и повышает количество молока у родивших женщин. Совершенствование технологии кисломолочных напитков, путем обогащения их растительными компонентами, лактобактериями, и бифидобактериями поможет придавать продукту функциональные свойства и увеличивать микробиологическую стойкость при хранении

Ключевые слова: йогурт, галега, пробиотики, закваска, активная кислотность, органолептические показатели, функциональные продукты, здоровое питание.

Благодарности: Работа выполнена в рамках госзадания Минобрнауки РФ (государственное задание № 075-00316-20-01 от 21.02.2020; мнемокод 0611-2020-013; номер темы FZMM-2020-0013).

Для цитирования: Стурова, Ю. Г., Гильдерман, Д. Д. Использование растительного компонента в биотехнологии йогурта // Ползуновский вестник. 2021. № 3. С. 95–101. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.03.013.

USE OF PLANT COMPONENT IN YOGURT BIOTECHNOLOGY

Yuliia G. Sturova ¹, Daria D. Gilderman ²

^{1,2} Polzunov Altai State Technical University, Barnaul, Russia

¹ y_sturova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4492-6628>

² gilderman99@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6036-440X>

Abstract. Full and healthy diet, in the organization of which milk and dairy products occupy an important place is a significant and necessary condition for the preservation of life and health, as well as the working capacity of the country's population. The leading Russian scientists and specialists take into account the issues of technology development in the dairy industry because of it. Fermented milk products contain biologically active components, which have a beneficial effect on the human body and on its specific organs, systems, and biotopes provided that it uses regular.

Yogurt has a number of useful properties. It prevents the proliferation of putrefactive intestinal bacteria, improves digestion, helps to cleanse the intestines and better assimilation of food. This product inhibits the process of senescence, because lactic acid is able to destroy the bacteria that are responsible for rotting food in the intestine. Yogurt is a source of enzymes, mineral salts, proteins and vitamins B12 and D, organic and saturated fatty acids, mono- and disaccharides, macro- and micro-elements, and is a source of calcium.

Galega officinalis has an insulin-like effect in diabetes mellitus, it is used as an additional means to treat with insulin, which allows to reduce the dose of the latter, and also acts as a diuretic, diaphoretic and increases the amount of milk for women after giving birth. Improving the technology of fermented milk drinks by enriching them with plant components, albumin and bifidobacteria will help to give the product functional properties and increase the microbiological resistance during storage.

Keywords: yogurt, galega, probiotics, sourdough, active acidity, organoleptic parameters, functional products, healthy nutrition.

Acknowledgments: The work was carried out within the framework of the state assignment of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation (state assignment No. 075-00316-20-01 dated 02.21.2020; mnemonic code 0611-2020-013; topic number FZMM-2020-0013).

For citation: Sturova, Yu. G., Gilderman, D. D. (2021). Use of plant component in yogurt biotechnology. *Polzunovskiy vestnik*, (3), 95-101. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.03.013.

В последние годы на потребительском рынке стремительно набирает популярность развитие тренда здорового питания, выбора в пользу здоровых, функциональных десертов и перекусов. Особенно ярко данное проявление стало заметно на фоне пандемии COVID-19, которая повлекла массовый рост всеобщего внимания к своему здоровью, определила необходимость профилактических и реабилитационных мер, применяемых к здоровью кишечника. На этой волне все больше возрастает доля молочных продуктов, содержащих пробиотики и пребиотики, обогащенных витаминами, волокнами, а также другими полезными компонентами, в пищевом рационе человека.

Отмечаются изменения и в сознании, привычках пищевого поведения потребителя, как в России, так и зарубежных странах, –

следование веяниям здорового образа жизни способствует не только наращиванию доли потребления функциональных, высокобелковых продуктов, но и расширению категорий потребителей, начиная от детского питания и заканчивая кормом для домашних животных.

Польза функциональных продуктов заключается в большом содержании биологически активных компонентов, которыми являются: молочнокислые бактерии и пробиотики, витамины, незаменимые аминокислоты, пептиды, белки, пищевые волокна, биофлавоноиды, холины, гликозиды, полиненасыщенные жирные кислоты и другие, биологически значимые элементы [1].

Согласно данным маркетингового исследования, проведенного агентством ROIF Expert, импорт кисломолочных продуктов в суммарном объеме за 2020 г. превысил исто-

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАСТИТЕЛЬНОГО КОМПОНЕНТА В БИОТЕХНОЛОГИИ ЙОГУРТА

рический максимум и приблизился к 190 млн. долларов. Структурный анализ импортных молочных товаров показал, что 96 % из них приходится на долю йогурта и кефира, что наглядно отражает огромный потенциал и необходимость наращивания объемов производства на рынке кисломолочных товаров для отечественного производителя [3].

За последние годы статистика производства йогурта в России отражает наметившуюся тенденцию к росту, так в 2019 г. производство йогурта находилось на отметках в 819,3 тыс. тонн, что на 4,6 % (на 35,8 тыс. тонн) больше, чем годом ранее. За два года (к 2017 г.) оно выросло на 3,6 % (на 28,5 тыс. тонн), за три года – на 6,8 % (на 52,1 тыс. тонн), за пять лет (к 2014 г.) – на 5,3 % (на 41,4 тыс. тонн).

Не снизились объемы производства йогурта и по результатам 2020 г. доля произведенной продукции в январе 2020 г. составила 67,8 тыс. тонн, что на 3,4 % (на 2,2 тыс. тонн) больше, чем в январе 2019 г. [4].

По данным специалистов INFOLine, в 2020 г. на молочный рынок России, США, Канады, Великобритании, стран ЕС и СНГ было выведено около 600 позиций новых молочных продуктов, четверть из которых приходится на категорию «йогурты».

Прогнозируемое на ближайшие 2–3 года продолжение роста влияния глобального тренда по сокращению добавленного сахара в продуктах питания на ассортимент вырабатываемой продукции подталкивает большинство производителей запускать новинки «со сниженным содержанием сахара» или подсластителями искусственного или натурального происхождения [1, 2].

Одним из приоритетных направлений в решении проблемы обеспечения различных возрастных групп населения полноценными продуктами питания является коррекция рациона человека в соответствии с научно-обоснованными требованиями теории сбалансированного и адекватного питания и с учетом физиологических особенностей организма, что наглядно отражает необходимость создания продуктов направленного действия, обладающих способностью стимулировать иммунную систему человека и применяемых с целью лечения и профилактики ряда заболеваний.

В число самых распространенных хронических заболеваний современности входит сахарный диабет, изучаемый не только с точки зрения медицины, но и как социальная проблема. Согласно данным Международной федерации диабета (IDF), в настоящее время

в мире зарегистрировано 415 млн человек, которые болеют сахарным диабетом. К 2040 г. прогнозируется рост числа людей больных диабетом до 642 млн чел. Соблюдение диеты, способствующей снижению содержания глюкозы в крови и других факторов риска разрушения кровеносных сосудов, является одним из основных направлений профилактики и лечения диабета [5].

Эффективным биологическим компонентом при легких формах сахарного диабета является Галега лекарственная, обладающая подобным инсулину действием на организм больного, что позволяет уменьшить дозы последнего, а также действует мочегонно и потогонно. Спустя 4 часа после приема настоя из этого растения в крови больного понижается сахар, а полученный результат сохраняется более 9 ч.

Галега лекарственная относится к многолетнему травянистому растению семейства бобовых, надземная часть которого служит лекарственным сырьем. Местами его произрастания считаются южные территории европейской России, Крым и горы Кавказа.

Экспериментально доказано, что суточная доза травы составляет 0,5 г. или 1 чайная ложка высушенных верхушек Галеги лекарственной, измельченной в порошок, на 1 стакан жидкости.

Сахароснижающее действие Галеги лекарственной объясняется наличием в нем алкалоида Галегина, содержание которого в зеленой массе от 0,1 % до 0,5 %. Для достижения стойкого снижения уровня глюкозы в анализах крови у больных сахарным диабетом необходимо принимать отвары и настои травы длительное время. Данный вид растения стимулирует клетки поджелудочной железы и усиливает метаболические процессы в организме [6, 7].

Функциональность разрабатываемого йогурта будет также обеспечиваться за счет применяемой закваски, состав которой состоит из следующих пробиотических микроорганизмов: *Streptococcus thermophilus*, *Bifidobacterium lactis*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*.

Бифидобактерии как представители нормальной кишечной микрофлоры участвуют в биосинтезе витаминов и биологически активных веществ, восстанавливают и поддерживают иммунитет, а также участвуют в подавлении вирусных респираторных заболеваний [8, 9].

Лактобактерии имеют ряд функций, необходимых для нашего организма, они стиму-

лируют рост бифидобактерий, влияют на обмен холестерина, нейтрализуют канцерогены в желудочно-кишечном тракте, что способствует профилактике возникновения рака толстой кишки [9, 10].

Работа выполнялась в лабораторных условиях на кафедре «Технология продуктов питания» АлтГТУ им. И.И. Ползунова. В данной научной работе была изучена возможность и целесообразность обогащения термостатного йогурта биологически активным веществом растительного происхождения –

Галегой лекарственной, а также влияние состава и свойств применяемых при производстве заквасочных культур на характер протекания технологических процессов.

Для этого растительный экстракт Галега лекарственная разной дозы вносили в четыре образца продукта и исследовали ее влияние на органолептические характеристики, изменение кислотности и содержание витамина С. Доза вносимой Галеги лекарственной и последовательность образцов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Доза вносимой Галеги лекарственной и последовательность образцов

Table 1 – The dose of the introduced medicinal Galega and the sequence of samples

№ образца	Доза вносимого экстракта Галеги, г.
1	0,05
2	0,10
4	0,15
5	0,20

После получения готового продукта в данных образцах был проведен анализ их органолептических показателей, представленных в таблице 2.

Таблица 2 – Органолептические показатели исследуемых образцов

Table 2 – Organoleptic parameters of the studied samples

Образец	Органолептические показатели		
	Вкус и запах	Внешний вид, консистенция	Цвет
№ 1	Кисломолочный, слегка сладковатый, слабое послевкусие экстракта Галеги	Однородная, в меру вязкая, с ненарушенным плотным сгустком, без газообразования, без осадка экстракта Галеги	Белый молочный, равномерный по всей массе
№ 2	Кисломолочный, слегка сладковатый, послевкусие экстракта Галеги	Однородная, в меру вязкая, с ненарушенным плотным сгустком, без газообразования, без осадка экстракта Галеги	Белый молочный, с зеленым оттенком, равномерный по всей массе
№ 4	Умеренно выраженный запах Галеги, слегка сладкий	Однородная, в меру вязкая, с ненарушенным плотным сгустком, без газообразования, без осадка экстракта Галеги	Слабо выраженный зеленый оттенок, равномерный по всей массе
№ 5	Ярко выраженный запах Галеги, выраженный кисломолочный слегка сладкий	Однородная, в меру вязкая, с ненарушенным плотным сгустком, без газообразования, без осадка экстракта Галеги	Выраженный светло-зеленый оттенок, равномерный по всей массе

В результате проведенной органолептической оценки можно сделать вывод о том, что с увеличением дозы внесения растительного экстракта Галеги мы получили образцы с выраженным зеленым оттенком, равномерным по всей поверхности, а также выражен-

ный запах и вкус. К таким образцам относятся образцы под № 4 и № 5. Зависимость органолептических показателей от дозы внесения Галеги лекарственной представлена в таблице 3.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАСТИТЕЛЬНОГО КОМПОНЕНТА В БИОТЕХНОЛОГИИ ЙОГУРТА

Таблица 3 – Органолептическая оценка полученных образцов

Table 3 – Organoleptic evaluation of the obtained samples

Наименование показателя	Баллы			
	Образец № 1	Образец № 2	Образец № 4	Образец № 5
Вкус и запах	3	4	4	5
Внешний вид	5	5	5	5
Консистенция	5	5	5	5
Цвет	2	3	4	5

Из таблицы 3 видно, что высокие баллы за органолептические показатели имел образец № 5, он отличается от других исследуемых образцов тем, что имеет более выраженный вкус и запах растительного компонента. В сочетании с кисломолочным вкусом йогурта, данный образец приобрел приятный, хорошо сбалансированный сладковатый вкус, а также равномерный по всей массе светло-зеленый оттенок. На вышеописанные органо-

лептические характеристики оказала влияние доза вносимого растительного компонента, равная 0,2 г на 200 мл продукта.

Биологически активные вещества, входящие в состав Галеги лекарственной, влияют на изменение активной кислотности в процессе сквашивания. Изменение активной кислотности в ходе кисломолочного процесса представлено в таблице 4.

Таблица 4 – Изменение активной кислотности в процессе сквашивания

Table 4 – The change in active acidity during fermentation

Время, ч	Активная кислотность, pH	
	образец с дозой вносимого экстракта Галеги – 0,2 г на 200 мл	контрольный образец
Начальная точка	6,6	6,6
1	6,4	6,5
2	6,0	6,1
3	5,8	6,0
4	5,6	5,8
5	4,9	5,6
6	4,6	5,0
7	4,5	4,7

Из данных приведенных в таблице видно, что полученные образцы достигли требуемого pH (5,0–4,5 единиц активной кислотности), через 6 часов, при этом в контрольном образце кислотность нарастала немного быстрее, чем в исследуемом. Следовательно, можно сделать вывод о том, что растительный экстракт Галеги лекарственной выступает главным элементом сдерживания нарастания кислотности.

Йогурт богат высоким содержанием витаминов, биологическое значение которых для человеческого организма очень велико –

они активизируют обменные процессы, усиливают сопротивление организма болезням, повышают трудоспособность человека.

По химическому составу в стеблях и листьях Галеги лекарственной содержится достаточно высокое количество витамина С, что открывает возможности изучения дополнительного повышения содержания витамина С в готовом продукте, путем внесения растительного экстракта Галеги лекарственной, разной массы, в четыре образца.

Полученное содержание витамина С в готовом продукте представлено в таблице 5.

Таблица 5 – Полученное содержание витамина С в готовом продукте

Table 5 – The obtained content of vitamin C in the finished product

№ образца	Доза вносимой Галеги, г.	Полученное содержание витамина С в продукте, мг
1	0,05	1,30
2	0,10	1,40
4	0,15	1,43
5	0,20	1,65

В результате сравнения представленных в таблице 6 данных о количественном содержании витамина С в готовом продукте, полученных в процессе исследований в различных образцах, очевидно, что наиболее высокое содержание витамина С имеет образец № 5, а также прослеживается линейная зависимость между содержанием витамина С и дозой внесенного экстракта Галеги лекарственной в продукт. С увеличением дозы внесения растительного экстракта Галеги лекарственной в продукт аналогично увеличивается содержание витамина С в готовом продукте.

Таким образом, полученные экспериментальным путем характеристические данные и зависимости подтверждают актуальность исследования обогащения молочных продуктов препаратами, обладающими адаптогенными, тонизирующими, полезными и лечебными свойствами. Необходимость разработки и внедрения рецептур продуктов с компонентами, содержащими наиболее важные для использования в питании населения микроэлементы и витамины, особенно остро отражается в сложившихся неблагоприятных условиях экологического воздействия на организм человека.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. INFOLine: Актуальные тренды на молочном рынке России и мира: сайт RETAIL.RU. 2021. URL: <https://www.retail.ru> (дата обращения: 13.04.2021 г.).
2. Комплексная оценка качества йогурта обогащенного / Е.Н. Демина [и др.]. // Ползуновский вестник. 2020. № 1. С. 56–60. DOI: 10.25712/ASTU.2072-8921.2020.01.011.
3. Тенденции на рынке молочной продукции: российские и зарубежные тренды: сайт Liton. 2021. URL: <https://www.liton.ru> (дата обращения: 13.04.2021 г.).
4. О производстве молочных продуктов в России по виду в 2019–2020 гг. : сайт АГРОБЕСТ-НИК. 2021. URL: Режим доступа : <https://ab-centre.ru> (дата обращения: 13.04.2021 г.).
5. Тарасенко Н.А. Сахарный диабет: действительность, прогнозы, профилактика // Современные проблемы науки и образования. 2017. № 6. С. 34.
6. Мартынич И.А., Трумпле Т.Е. Галега лекарственная (*Galega officinalis*) – перспективное растение гипогликемического действия (обзор литературы) // Материалы Международной научной конференции, посвященной 100-летию со дня рождения профессора Алексея Ивановича Шретера. 2018. С. 679–683.
7. Мартынич И.А., Трумпле Т.Е., Ферубк Е.В. Анализ механизма действия Галеги лекарственной

(*Galega officinalis*L.) // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. 2019. Т. 22. № 9. С. 12–15. DOI: 10.29296/25877313-2019-09-02.

8. Стурова Ю.Г., Кашина Е.Д. Применение пробиотической закваски в разрабатываемой биотехнологии мягкого сыра // Молочная промышленность. 2020. № 10. С. 49–51. DOI: 10.31515/1019-8946-2020-10-49-51.

9. Полянская И.С., Закрепина Е.Н., Семенихина В.Ф. Эффект квазикапсулирования пробиотических культур при производстве кисломолочных продуктов // Молочная промышленность. 2018. № 4. С. 19–21.

10. Гришкова А.В., Стурова Ю.Г., Хавров Я.В. Пробиотики как фактор здоровья // Молочная промышленность. 2020. № 2. С. 28–49. DOI: 10.31515/1019-8946-2020-02-48-49.

Информация об авторах

Ю. Г. Стурова – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии продуктов питания Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова.

Д. Д. Гильдерман – магистрант гр. 8ПЖС – 01 кафедры технологии продуктов питания Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова.

REFERENCES

1. INFOLine: Current trends in the dairy market of Russia and the world (2021). Retrieved from https://www.retail.ru/tovar_na_polku/in-foline-aktualnye-trendy-na-molochnom-rynke-rossii-i-mira. (In Russ.).
2. Demina, E. N., Simonenkova, A.P., Safronova, O.V. & Sergeeva, E.Yu. (2020). Complex assessment of the quality of enriched yogurt. *Polzunovskiy vestnik*, (1), 56-60. DOI: 10.25712/ASTU. 2072-8921. 2020. 01. 011. (In Russ.).
3. Trends in the market of dairy products: Russian and foreign trends (2021). Retrieved from <https://https://www.liton.ru/blog/ten-dentsii-na-rynke-molochnoy-produktsii>. (In Russ.).
4. On the production of dairy products in Russia by type in 2019-2020. (2021). Retrieved from <https://ab-centre.ru/news/o-proizvodstve-molochnyh-produktov-v-rossii-po-vidu-v-2019-2020-gg>. (In Russ.).
5. Tarasenko, N.A. (2017). Diabetes mellitus: reality, prognosis, prevention. *Modern problems of science and education*, (6), 34. (In Russ.).
6. Martynchik, I.A. & Trumpet T.E. (2018). *Galegalekarstvennaya (Galega officinalis) - a promising plant of hypo-glycemic action (literature review)*. *Materials of the International Scientific Conference dedicated to the 100th anniversary of the*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАСТИТЕЛЬНОГО КОМПОНЕНТА В БИОТЕХНОЛОГИИ ЙОГУРТА

birth of Professor Alexey Ivanovich Schroeter. Moscow : VNIILiAR. 679-683. (In Russ.).

7. Martynchik, I.A., Trumpe, T.E. & Ferubko, E.V. (2019). Analysis of the mechanism of action of *Galega officinalis* (*Galega officinalis*). *Questions of biological, medical and pharmaceutical chemistry*. 22(9), 12-15. DOI: 10.29296/25877313-2019-09-02. (In Russ.).

8. Sturova, Yu.G. & Kashina E.D. (2020). Application of probiotic starter culture in the developed biotechnology of soft cheese. *Dairy industry*, (10), 49-51. DOI: 10.31515/1019-8946-2020-10-49-51. (In Russ.).

9. Polyanskaya, I.S., Zakrepina, E.N. & Semenikhina, V.F. (2018). The effect of quasi-encapsulation of probiotic cultures in the production of fermented milk products. *Dairy industry*. (4), 19-21. (In Russ.).

10. Grishkova, A.V., Sturova, Yu.G. & Khavrov Ya.V. (2020). Probiotics as a health factor. *Dairy industry*, (2), 28-49. DOI: 10.31515/1019-8946-2020-02-48-49. (In Russ.).

Information about the authors

Yu. G. Sturova – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Food Technology of Polzunov Altai State Technical University.

D. D. Gilderman – Master's student of group 8PZHS-01 of the Department of Food Technology of Polzunov Altai State Technical University.

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare that there is no conflict of interest.*

Статья поступила в редакцию 11.05.2021; одобрена после рецензирования 09.09.2021; принята к публикации 20.09.2021.

The article was received by the editorial board on 11 May 21; approved after editing on 09 Sep 2021; accepted for publication on 20.09.2021.



Научная статья
05.18.04 – Технология мясных, молочных и рыбных продуктов и холодильных производств (технические науки)
УДК 664.931
doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.03.014

РАЦИОНАЛЬНОСТЬ РЕЖИМОВ СТЕРИЛИЗАЦИИ – ДЕТЕРМИНАНТ СТАБИЛЬНОСТИ КАЧЕСТВА МЯСНЫХ КУСКОВЫХ КОНСЕРВОВ

Валентина Борисовна Крылова¹, Татьяна Владимировна Густова²

^{1,2} ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В. М. Горбатова» РАН, Москва, Россия

¹ v.krylova@fncps.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0300-216X>

² t.gustova@fncps.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6313-6963>

Аннотация. Традиционной потребительской упаковкой мясных консервов является банка из жести или алюминия. В такой банке мясные кусковые консервы имеют сроки годности от трех до пяти лет, что важно для спецпотребителей страны. Промышленные режимы стерилизации научно обоснованы, в том числе с учетом минимальных деструктивных изменений основных веществ готового продукта, подтверждены многолетней практикой консервной отрасли, но достаточно жесткие. Рост производства и потребления пищевой упаковки из полимерных и комбинированных материалов существенно расширил номенклатуру потребительской упаковки для производства консервов, поставив задачу разработки более мягких режимов стерилизации. В работе представлен методический подход к обоснованию рациональных режимов стерилизации мясных кусковых консервов, изготовленных в пакетах из комбинированного материала. Расчетная требуемая летальность рациональных режимов стерилизации для мясных кусковых консервов должна быть не менее 10 условных минут, при этом промышленные режимы обеспечивают величину достигнутого стерилизующего эффекта, равную 16,4 условных минуты. Приведены результаты аналитических расчетов условно-рационального режимов тепловой обработки консервов с визуальным отражением динамик прогрева автоклава, продукта и величин F-эффекта. Режимы, прошедшие апробацию в лабораторных и промышленных условиях, показали микробиологическую безопасность консервов.

Показана эффективность снижения тепловых нагрузок, обеспечивающих норму летальности в пределах 10–11 условных минут, на сохранности структуры мышечной ткани, и, как следствие, высоких органолептических и физико-химических характеристиках готового продукта. Отмечено, что интенсивность потерь сумм незаменимых аминокислот в консервах, изготовленных по опытным режимам, в среднем в 1,6 раза ниже по отношению к сумме незаменимых аминокислот в консервах, изготовленных по контрольному режиму. Резерв в 6,4 условных минут величины F-эффекта отразился на глубине агрегирования белковых веществ. Вследствие чего, переваримость мясных консервов, изготовленных по опытным режимам, положительно отличается от контрольных образцов продукции.

Ключевые слова: стерилизация, режимы, летальность процесса, безопасность, качество, потребительская упаковка, сохранность аминокислот, усвояемость продукта.

Для цитирования: Крылова, В. Б., Густова, Т. В. Рациональность режимов стерилизации – детерминант стабильности качества мясных кусковых консервов // Ползуновский вестник. 2021. № 3. С. 102–110. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.03.014.

Original article

RATIONALITY OF STERILIZATION REGIMES AS DETERMINANT OF MEAT QUALITY STABILITY IN CANNED MEAT IN PIECES

Valentina B. Krylova ¹, Tatyana V. Gustova ²

^{1, 2} V. M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

¹ v.krylova@fncps.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0300-216X>

² t.gustova@fncps.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6313-6963>

Abstract. *The traditional consumer packaging for canned meat is a can from tin or aluminum. Canned meat in pieces in that kind of cans has the shelf life from three to five years, which is important for specific consumers of our country. Commercial sterilization regimes are scientifically substantiated with account for the minimum destructive changes in the main substances of the finished products, were proved by many years of using in the canning industry, but are quite tough. The growth in production and consumption of food packaging from polymer and composite materials significantly extended the nomenclature of consumer packaging for canned food manufacture setting a task of developing gentler sterilization regimes. The article presents the methodological approach to substantiation of the rational sterilization regimes for canned meat in pieces produced in packages from a composite material. The calculated required lethality of the rational sterilization regimes for canned meat in pieces should be not less than 10 arbitrary units; with that, commercial regimes ensure a value of the achieved sterilization effect equal to 16.4 arbitrary units. The results of the analytical calculation of the conditionally rational regimes of thermal treatment of canned foods with the visual reflection of the dynamics of autoclave heat-up, product heating and values of the F-effect are presented. Regimes tested in the laboratory and industrial conditions showed microbiological safety of canned foods.*

The effectiveness of reducing heat loads, providing the lethality rate within 10-11 conventional minutes on the preservation of the structure of muscle tissue and, as a consequence, high organoleptic and physicochemical characteristics of the finished product, has been shown. It is noted that the intensity of losses of the amounts of essential amino acids in canned food made according to the experimental regime is on average 1.6 times lower in relation to the amount of essential amino acids in the canned food produced according to the control regime. A reserve of 6.4 conventional minutes of the F-effect value was reflected in the depth of protein aggregation. As a result, the digestibility of canned meat, made according to experimental modes, positively differs from the control samples of products.

Keywords: *sterilization, regimes, process lethality, safety, quality, consumer packaging, amino acid preservation, product assimilability.*

For citation: Krylova, V. B. & Gustova, T. V. (2021). Rationality of sterilization regimes as determinant of meat quality stability canned food. *Polzunovskiy vestnik*, (3), 102-110. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.03.014.

ВВЕДЕНИЕ

Развитие сельскохозяйственного производства сегодня идет по пути его интенсификации. Интенсификация производства – явление сложное и многогранное. Ю.А. Коновалова и Н.А. Алексеева определяют это явление как реализацию мероприятий, имеющих своим результатом экономию стоимости совоккупности применяемых ресурсов [1]. Но процесс интенсификации может иметь и

негативные последствия, которые государство старается нейтрализовать посредством усиления влияния на структуру народного хозяйства, применяя государственную поддержку при закрытии неперспективных производств и предприятий. Однако вопрос сохранения качества готовой продукции остается открытым. В этом аспекте тепловой обработке продукции – стерилизации – уделяется большое внимание со стороны ученых и технологических служб консервных производств.

Н. Аппер, вошедший в историю науки о консервировании пищевых продуктов с титулом «Благодетель человечества», писал: «Мои эксперименты и, превыше всего, величайшая настойчивость в их проведении, убедили меня, во-первых, в том, что существенное действие тепла заключается не только в том, что изменяется комбинация компонентов пищевых продуктов животного и растительного происхождения, но также в том, что если не уничтожается, то, во всяком случае, задерживается на долгие годы естественная склонность этих продуктов к разложению; во-вторых, что надлежащее применение этого метода ко всем этим продуктам при самом тщательном устранении возможного соприкосновения их с воздухом, приводит к отличному сохранению этих пищевых продуктов со всеми их натуральными свойствами!» [2].

Гибель микроорганизмов в процессе стерилизации рассматривают с позиции экспоненциального уравнения. О термоустойчивости микроорганизмов судят по кинетическим константам D и Z , характеризующих, соответственно время стерилизации при температуре $121,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ в минутах, требуемое для снижения концентрации спор определенного вида микроорганизма на 90 % и температурный диапазон, на величину которого следует изменить температуру стерилизации, для изменения величины D в 10 раз. С помощью этих констант рассчитывают величину стерилизующего эффекта процесса стерилизации [3, 4].

Поскольку мясные и мясосодержащие консервы разнообразны по составу и неоднородности содержимого, а потребительская упаковка различна по теплопроводности и вместимости, научная обоснованность режимов стерилизации, являющихся отличительной особенностью технологии консервов, должна обеспечить не только необходимую летальность микроорганизмов, но и свести к минимуму изменения пищевой и биологической ценности, сохранить органолептические характеристики.

Параметрами тепловой обработки продуктов в автоклаве, которыми можно управлять, являются температура и время, что создает значительные ограничения в обеспечении качества готового продукта.

Работы отечественных и зарубежных ученых констатируют, что «классическую» стерилизацию консервов в автоклавах можно считать достаточно жестким процессом, она может приводить к ухудшению текстуры, вкуса, аромата и пищевой ценности. Чем выше тепловая нагрузка на продукт, тем ниже каче-

ство готовой продукции. Но сроки годности консервированной продукции варьируют от трех лет и выше [5], что является особенно привлекательным для обеспечения государственных нужд и потребностей спецпотребителей.

Генеральный директор Национальной Конфедерации Упаковщиков в марте текущего года отметил, что, по данным всемирной упаковочной организации WPO, российский рынок упаковки входит в десятку крупнейших мировых рынков: его оборот превысил 16,5 млрд. евро, что составило порядка 115 евро на душу населения в год. С его слов, в предыдущие периоды динамика рынка упаковки коррелировала с динамикой показателей перерабатывающей промышленности. В период пандемии упаковочная отрасль в России не пострадала. Спрос на упаковку был поддержан ростом производства пищевых продуктов, прежде всего, товаров длительного хранения. Сильно выросло производство и потребление гибкой упаковки из полимерных и комбинированных материалов, а также жесткой полимерной.

Потребительская упаковка играет важную роль в обеспечении безопасности и качества консервов. Более 15 лет назад упаковка из полимерных и комбинированных материалов с высокими барьерными свойствами уверенно вошла на отечественный рынок мясной промышленности, в частности производства консервов [6, 7, 8]. Баночки, одно- и двухсекционные контейнеры, реторт-пакеты с доньшком или без доньшка, прозрачные и непрозрачные, с флексографией интересны для потребителя. Для консервов в такой упаковке целесообразна разработка щадящих режимов стерилизации.

Опыт показал, что термическая обработка мяса, расфасованного в пакеты, при правильно разработанных режимах стерилизации дает благоприятные сенсорные характеристики, меньшие потери питательных веществ, достаточно длительный срок годности консервов, а также повышенную коммерческую ценность, безопасность и удобство [9, 10]. Например, сенсорные и биохимические характеристики стерилизованного мяса моллюска были сохранены после 12 месяцев хранения при комнатной температуре [11]. Мясо было расфасовано в пакеты из комбинированного со слоем алюминия материала, стерилизацию проводили в паровоздушной среде автоклава, величина достигнутого стерилизующего эффекта – 9 условных минут при длительности тепловой обработки 99 мин при температуре $121\text{ }^{\circ}\text{C}$ (рисунок 1).

РАЦИОНАЛЬНОСТЬ РЕЖИМОВ СТЕРИЛИЗАЦИИ – ДЕТЕРМИНАНТ СТАБИЛЬНОСТИ КАЧЕСТВА МЯСНЫХ КУСКОВЫХ КОНСЕРВОВ

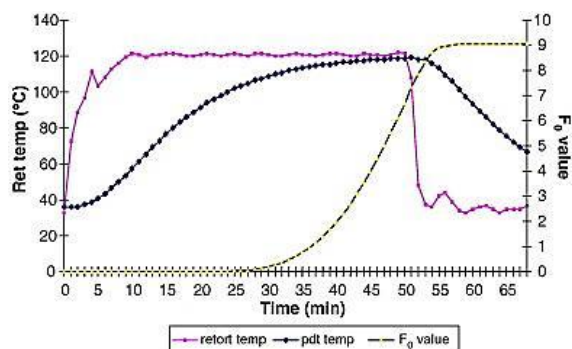


Рисунок 1 – Динамика проникновения тепла и значение F_0

Figure 1 – Dynamics of heat penetration and F_0 value

Снижение параметров режима стерилизации обосновано главным преимуществом – сохранностью показателей качества готовой продукции. Контролируемый параметр летальности процесса позволяет реализовать рациональные режимы на производстве. Такой же подход к обоснованию щадящей тепловой обработки мясных кусковых консервов был применен и для продукции, изготовленной в потребительской упаковке из комбинированных материалов.

Цель настоящих исследований – сравнительная визуализация физико-химических изменений в белковой составляющей консервов при промышленном и опытных режимах и анализ фактора, сохраняющего качество продукции.

МЕТОДЫ

В качестве объектов исследований были взяты мясные кусковые консервы из говядины, расфасованные в пакеты из комбинированного материала со слоем алюминиевой фольги, массой нетто 250 г.

При изготовлении мясных кусковых консервов говядину жилованную измельчали вручную на куски массой 50–100 г; лук репчатый свежий очищенный – на волчке с диаметром отверстий решетки 5 мм. Ингредиенты фасовали в пакеты в следующей последовательности: лавровый лист, соль, перец, лук и мясо. В качестве контрольного режима стерилизации был принят промышленный режим, установленный для мясных кусковых консервов из говядины в потребительской упаковке аналогичной вместимости и указанный в Технологической инструкции к ГОСТ 32125, являющейся его неотъемлемой частью.

В работе использованы следующие методы определения:

- максимального напряжения резания – на испытательной машине INSTRON 3342 (USA) с заданной линейной скоростью 50 мм/сек;

- переваримости белков «in vitro» – ферментным гидролизом белка методом А.А. Покровского и И.Д. Ертанова в модификации ВНИИМП;

- микроструктурные исследования по ГОСТ 31796 по методу, основанному на определении на гистологических препаратах животных и растительных структурных компонентов в различных видах мяса и мясных продуктов в соответствии с их микроструктурными особенностями [12];

- аминокислотного состава белка по ГОСТ 34132 по методике, основанной на кислотном гидролизе белка до его полного распада на составляющие аминокислоты с последующим хроматографическим определением смеси на автоматическом жидкостном аминокислотном анализаторе для выявления состава и определения массовой доли индивидуальных аминокислот [13];

- промышленной стерильности консервов по ГОСТ 30425 методом, основанным на определении внешнего вида и герметичности консервов, выявлении в продукте жизнеспособных микроорганизмов и, при необходимости, определении их количества, микроскопировании продукта [14].

Обработку экспериментальных данных проводили методами математической статистики. Повторность опытов трех и пятикратная. Гипотезы проверяли с уровнем доверительной вероятности 0,95

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Использование техники искусственных нейронных сетей как альтернативу традиционным методам расчета тепловых процессов дает потенциал для моделирования процесса стерилизации, демонстрируя точность и быстрые надлежащие ответы на получаемую информацию текущего процесса [15]. Однако в изложенной работе были использованы классические методы расчета требуемой летальности процесса стерилизации как наиболее доступные, основанные на двух принципах. Первый – расчет летальности, ориентированный на обеспечение гибели возбудителей ботулизма, учитывает вероятность выживаемости хотя бы одной споры в одной банке при условии выработки партии консервов из 10^{12} банок, и принимая повышенную обсе-

ненность содержимого банки перед стерилизацией, выраженную в содержании одной споры *C. Botulinum* на банку. Второй – ориентирование режима стерилизации на выживаемость термоустойчивых микроорганизмов, способных вызвать порчу продукта. Например, *C. Sporogenes*. Получаемые нормы летальности при этом выше, чем значения F – эффекта относительно *C. Botulinum*.

В результате проведенных расчетов установлено, что требуемая летальность рациональных режимов стерилизации для мясных кусковых консервов должна быть не менее 10 условных минут. Фактическая летальность процесса, проведенного по промышленно используемой (контрольной) формуле стерилизации – длительность всего процесса 80 мин при 120 °С – составила 16,4 условных минут. Сравнивая полученное значение фактического стерилизующего эффекта с установленной нормой летальности, отмечено, что режим стерилизации содержит значительный резервный элемент стерилизующего эффекта в 6,4 условных минуты.

С целью решения задачи по разработке условно-рационального режима тепловой обработки консервов применили графический метод с отражением кривых прогрева автоклава, продукта и кривую F -эффекта. По горизонтальной оси откладывали время стерилизации, а по вертикальным осям – температуру и переводные коэффициенты (рисунок 2).

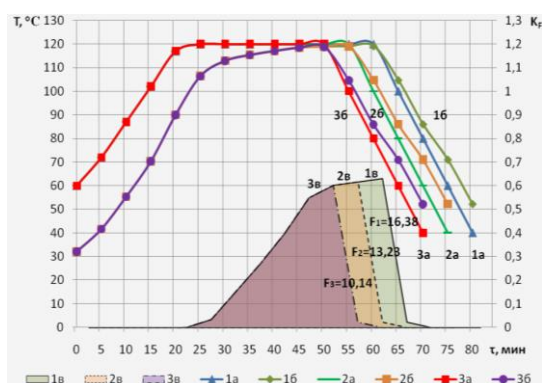


Рисунок 2 – Термограммы условных процессов стерилизации мясных кусковых консервов:
 1а, 2а и 3а – кривые прогрева автоклава;
 1б, 2б и 3б – кривые прогрева продукта;
 1в, 2в и 3в – площади кривых летальности.

Figure 2 – Thermograms of the conditional sterilization processes of canned meat in pieces:
 1a, 2a and 3a – curves of autoclave heat-up;
 1b, 2b and 3b – curves of product heating;
 1v, 2v and 3v – areas of the lethality curves

Сокращая время собственно стерилизации контрольного (промышленного) режима – длительность всего процесса 80 мин при 120 °С – и пересчитывая по формуле, приведенной ниже, фактическую летальность режима стерилизации с учетом переводных коэффициентов получаем кривые 2а, 2б, 2в и 3а, 3б, 3в.

Фактическую летальность режима стерилизации F рассчитывают по формуле приближенного интегрирования [1]:

$$F = \int_a^b K_F d\tau \approx \tau_p (K_{F_1} + K_{F_2} + K_{F_3} + \dots + K_{F_n}), \quad (1)$$

где τ_p – промежуток времени от a до b , поделенный на n равных частей;

K_F – переводной коэффициент: условное, эквивалентное реальному по действию на микроорганизмы время воображаемого стационарного процесса, при котором центр банки мгновенно прогревается до эталонной температуры ($T_s = 121,1$ °С), выдерживается при этой температуре в течение F минут, после чего мгновенно охлаждается до сублетальных температур.

Анализируя графические данные, формула стерилизации была преобразована следующим образом:

1. Контрольный режим 1 – длительность всего процесса 80 мин при 120 °С, летальность в пределах 16,5–17 условных минут (на рисунке 2 кривые 1а, 1б, 1в, F_1).

2. Режим 2 – длительность всего процесса стерилизации составила 75 мин при 120 °С, обеспечивающая норму летальности в пределах 13–14 условных минут (на рисунке 2 кривые 2а, 2б, 2в, F_2).

3. Режим 3 – длительность всего процесса стерилизации составила 70 мин при 120 °С, обеспечивающая норму летальности в пределах 10–11 условных минут (на рисунке 2 кривые 3а, 3б, 3в, F_3).

Аналитические расчеты и предварительные режимы, прошедшие апробацию в лабораторных условиях, были проверены в промышленных условиях. Результаты проверки режимов стерилизации мясных кусковых консервов из говядины приведены на рисунке 3.

Значимой разницы величин фактической летальности процесса от значений, полученных аналитическим методом, не было отмечено. Результаты микробиологических исследований подтвердили отсутствие в консервах спорообразующих мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов, мезофильных анаэробных, спорообразующих термофильных аэробных и факультативно-анаэробных и термофильных анаэ-

РАЦИОНАЛЬНОСТЬ РЕЖИМОВ СТЕРИЛИЗАЦИИ – ДЕТЕРМИНАНТ СТАБИЛЬНОСТИ КАЧЕСТВА МЯСНЫХ КУСКОВЫХ КОНСЕРВОВ

робных микроорганизмов, что свидетельствует о промышленной стерильности консервов и подтверждает их безопасность.

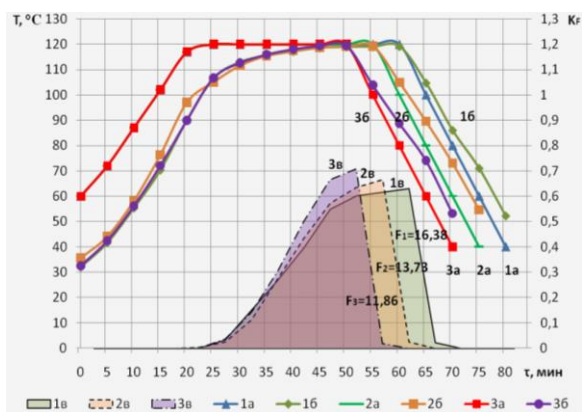


Рисунок 3 – Термограммы фактических процессов стерилизации мясных кусковых консервов:

1а, 2а и 3а – кривые прогрева автоклава;
1б, 2б и 3б – кривые прогрева продукта;
1в, 2в и 3в – площади кривых летальности.

Figure 3 – Thermograms of the real sterilization processes of canned meat in pieces:

1a, 2a and 3a – curves of autoclave heat-up;
1b, 2b and 3b – curves of product heating;
1v, 2v and 3v – areas of the lethality curves

На следующем этапе были проведены исследования показателей качества консервов, выработанных по фактическим режимам стерилизации.

Наиболее характерные изменения в консервах при тепловой обработке связаны, в том числе, с денатурацией растворимых белков, приводящей к снижению их гидрофильности и, как результат, увеличению прочностных характеристик продукта. Тепловая дезагрегация коллагена, наоборот, снижала прочностные свойства кусочков мяса. Очевидно, длительность нагрева продукта, изготовленного из мяса с малым содержанием соединительной ткани, не должна быть более той, которая необходима для денатурации растворимых белков. Для производства опытных образцов консервов использовали говядину жилованную с массовой долей жировой и соединительной тканями не более 6 %. Проведенное исследование структурно-механических свойств мясных кусковых консервов позволило установить, что увеличение длительности термообработки приводит к уменьшению значений максимального напряжения резания мышечной ткани. Снижение величины максимального напряжения

резания образцов говядины, стерилизованной по контрольному режиму, составило 15,9 % по сравнению со значением этого показателя до стерилизации.

Сохранность структуры мышечной ткани, и, как следствие, сохранность органолептических характеристик положительно выражены в консервах, изготовленных по режиму 3, о чем свидетельствовало увеличение значений изучаемого показателя. Результаты представлены на рисунке 4. При этом следует учесть, что промышленные (контрольные) режимы тепловой обработки консервов разработаны с учетом минимальных деструктивных изменений основных веществ готового продукта.

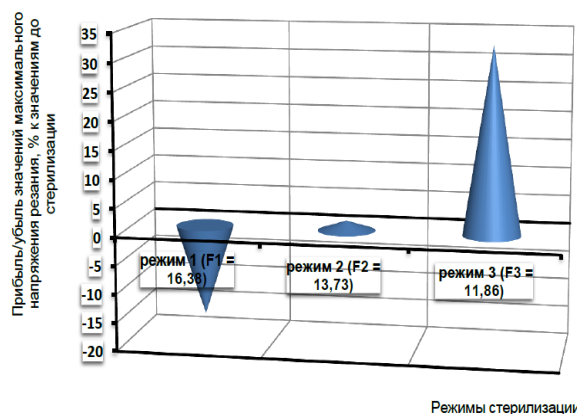


Рисунок 4 – Изменение значений максимального напряжения резания мышечной ткани консервов после стерилизации

Figure 4 – Changes in the values of maximum shear stress of muscle tissue of canned foods after sterilization

Проведенными исследованиями структурно-механических свойств кусочков мяса в консервах, изготовленных из другой партии размороженной говядины по промышленным режимам стерилизации, показано снижение жесткости мяса на 12,3 % по отношению к данным до стерилизации, что сопоставимо с полученными результатами, указанными выше.

Результаты динамики аминокислотного состава консервов в зависимости от режима стерилизации, представленные на рисунке 5, свидетельствуют, что убыль суммы незаменимых аминокислот в контрольных образцах составила 11,1 % по отношению к соответствующим данным в мясе до стерилизации, а в образцах опытных – от 4,5 до 9,1 %.

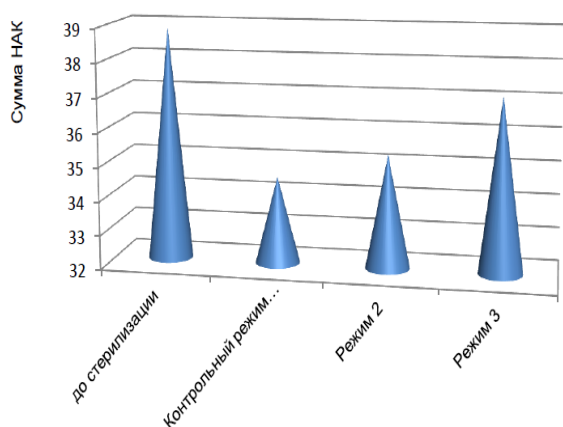


Рисунок 5 – Изменение суммы незаменимых аминокислот мясных кусковых консервов из говядины

Figure 5 – Changes in the sum of essential amino acids of canned beef in pieces

При стерилизации консервов деструктивные изменения коллагена в определенных границах играют положительную роль. Сваривание повышает усвояемость коллагена и уменьшает прочность соединительной ткани. Вследствие этого улучшается усвояемость мяса в целом.

Глубина агрегирования белковых веществ при контрольном режиме стерилизации отразилась на переваривании денатурированного белка пищеварительными ферментами. Результатами исследований установлено, что переваримость консервов, изготовленных по контрольному режиму (режим 1), незначительно, но ниже значений показателя по отношению к консервам, изготовленным по скорректированным режимам в среднем в 1,2 раза (рисунок 6).

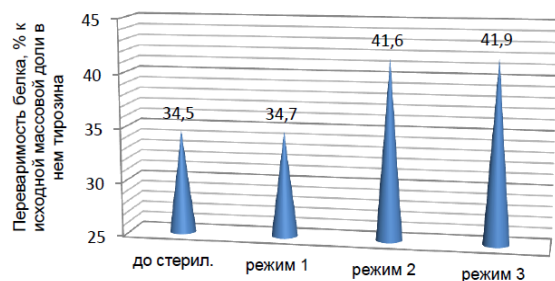


Рисунок 6 – Переваримость белка in vitro до и после стерилизации мясных кусковых консервов из говядины

Figure 6 – In vitro protein digestibility before and after sterilization of canned beef in pieces

Глубина гидролитического распада белковых веществ говядины при стерилизации влияет на усвояемость мяса консервов, что может быть связано, в том числе с образованием продуктов реакции Майяра.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования в области сохранности показателей качества, выборочно приведенных в настоящей статье, консервов с подтверждением их микробиологической безопасности в зависимости от тепловых нагрузок на продукт позволили подтвердить практическое преимущество сниженных режимов стерилизации на примере консервов в потребительской упаковке из полимерных и комбинированных материалов. Безусловно, сроки годности такой продукции будут отличаться от максимально возможных для мясных консервов. Но для рядового потребителя, имеющего сегодня возможность выбора консервированной продукции, делать запасы на случай дефицита на 5 и более лет нет необходимости.

Современный подход к реализации процесса стерилизации с учетом запаса по F-эффекту нашел отражение в разработке рациональных режимов стерилизации для производства всех ассортиментных групп консервов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коновалова Ю.А., Алексеева Н.А. Факторы и показатели интенсификации производства // Вестник удмуртского университета. 2011. Вып. 1. Экономика и право. С. 8–12.
2. Флауменбаум Б.Л. Основы консервирования пищевых продуктов. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. 272 с.
3. Эйслер М. Введение в технику и технологию ротационной стерилизации: Изд. 2-е, доп. и перераб.; перевод с англ. США, 1988. 240 с.
4. Бабарин В.П. Стерилизация консервов: Справочник. – СПб.: ГИОРД, 2006. – 312 с.
5. Advanced retorting, microwave assisted thermal sterilization (MATS), and pressure assisted thermal sterilization (PATS) to process meat products / V. Gustavo, Barbosa-Cánovas, Ilce Medina-Meza, Kezban Candoğan, Daniela Bermúdez-Aguirre // Meat Science. 2014. V. 98 (3). P. 420–434.
6. Крылова В.Б., Густова Т.В., Шевченко С.С. Новые энергосберегающие технологии мясорастительных консервов в многослойной полимерной таре // Интеграция в мясную промышленность России современных методов управления качеством и прослеживаемости: сборник докладов 9-й Международной научной ПОЛЗУНОВСКИЙ ВЕСТНИК № 3 2021

РАЦИОНАЛЬНОСТЬ РЕЖИМОВ СТЕРИЛИЗАЦИИ – ДЕТЕРМИНАНТ СТАБИЛЬНОСТИ КАЧЕСТВА МЯСНЫХ КУСКОВЫХ КОНСЕРВОВ

конференции памяти В.М. Горбатова. Москва, 2006. С. 26–29.

7. Крылова В.Б., Густова Т.В. Инновационные технологии консервированных продуктов питания в полимерной потребительской таре // Все о мясе. 2010. № 1. С. 4–7.

8. Крылова В.Б., Густова Т.В. Консервы – драйвер развития промышленности полимерных материалов // Все о мясе. 2020. № 5. С. 46–53, DOI: 10.21323/2071-2499-2020-5-10-10.

9. Ready to eat mussel meat processed in retort pouches for retail and export market / J. Bindu, T.K. Srinivasa Gopal, T.S.U. Unnikrishnan Nair // Packaging Technology and Science. 2004. № 17. P. 113–117.

10. Traditional Kerala style fish curry in indigenous retort pouch / T.K.S. Gopal, P.K. Vijayan, K.K. Balachandran, P. Madhavan, T.S.G. Iyer // Food Control. 2001. № 12. P. 523–527.

11. Shelf life evaluation of a ready-to-eat black clam (*Villorita cyprinoides*) product in indigenous retort pouches / J. Bindu, C.N. Ravishankar, T.K. Srinivasa Gopal // Journal of Food Engineering. 2007. V. 78 (3). P. 995–1000.

12. ГОСТ 31796-2012. Мясо и мясные продукты. Ускоренный гистологический метод определения структурных компонентов состава: введ. 2013-07-01. М. : Стандартинформ, 2019. 7 с.

13. ГОСТ 34132-2017. Мясо и мясные продукты. Метод определения аминокислотного состава животного белка: введ. 2019-01-01. М. : Стандартинформ, 2017. 16 с.

14. ГОСТ 30425-97. Консервы. Метод определения промышленной стерильности введ. 1998-01-01. М. : Стандартинформ, 2010. 14 с.

15. Modeling sterilization process of canned foods using artificial neural networks / E.C. Gonçalves, L.A. Minim, J.S.R. Coimbra, V.P.R. Minim // Chemical Engineering and Processing: Process Intensification. 2005. V. 44 (12). P. 1269–1276.

Информация об авторах

В. Б. Крылова – доктор технических наук, профессор, ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В. М. Горбатова» РАН.

Т. В. Густова – кандидат технических наук, доцент, ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В. М. Горбатова» РАН.

REFERENCES

1. Konovalova, Yu.A. & Alekseeva, N.A. (2011). Factors and indicators of production intensification. *Bulletin of the Udmurt University. Issue 1. Economics and Law*. (In Russ.).

2. Flaumenbaum, B.L. (1982). *Basics of food preservation*. Moscow: Light and food prost. (In Russ.).

3. Ejsner, M. (1988). *Introduction to the technique and technology of rotary sterilization*: Moscow: Translated from English. (In Russ.).

4. Babarin, V.P. (2006). *Sterilization of canned food: A reference book*. Saint Petersburg: GIORD (In Russ.).

5. Gustavo, V., Barbosa-Cánovas, Ilce Medina-Meza, Kezban Candoğan & Daniela Bermúdez-Aguirre. (2014). Advanced retorting, microwave assisted thermal sterilization (MATS), and pressure assisted thermal sterilization (PATS) to process meat products. *Meat Science*. 98 (3). 420-434.

6. Krylova, V.B., Gustova, T.V. & Shevchenko, S.S. (2006). New energy-saving technologies of canned meat in multilayer polymer containers. *Integration of modern methods of quality management and traceability into the Russian meat industry: collection of reports of the 9th International Scientific Conference in memory of V. M. Gorbatov: Moscow*. (In Russ.).

7. Krylova, V.B. & Gustova, T.V. (2010). Innovative technologies of canned food products in polymer consumer containers. *Vsyo o myase*, (1), 4-7. (In Russ.).

8. Krylova, V.B. & Gustova, T.V. (2020). Canned food - Driver of industry Development Of polymer materials. *Vsyo o myase*. (5), 46-53. (In Russ.). DOI: 10.21323/2071-2499-2020-5-10-10.

9. Bindu, J., Srinivasa Gopal, T.K. & Unnikrishnan Nair, T.S.U. (2004). Ready to eat mussel meat processed in retort pouches for retail and export market. *Packaging Technology and Science*. (17). 113-117.

10. Gopal, T.K.S., Vijayan, P.K., Balachandran, K.K., Madhavan, P. & Iyer, T.S.G. (2001). Traditional Kerala style fish curry in indigenous retort pouch. *Food Control*. (12). 523-527.

11. Bindu, J, Ravishankar, C.N. & Srinivasa Gopal, T.K. (2007). Shelf life evaluation of a ready-to-eat black clam (*Villorita cyprinoides*) product in indigenous retort pouches. *Journal of Food Engineering*. 78 (3). 995-1000.

12. Meat and meat products. Fast histological method of identification of composition structural components (2012). GOST 31796-2012. Moscow: Standards Publishing House. (In Russ.).

13. Meat and meat products. Determination of amino acids composition of animal protein. (2017). GOST 34132-2017. Moscow: Standards Publishing House. (In Russ.).

14. Interstate standard. (1998). Canned foods. Method for determination of commercial sterility. GOST30425-97. Moscow: Standards Publishing House. (In Russ.).

15. Gonçalves, E.C, Minim, L.A., Coimbra, J.S.R., & Minim, V.P.R. (2005). Modeling sterilization process of canned foods using artificial neural networks. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*. 44 (12). 1269-1276.

Information about the authors

I. V. Krylova – Doctor of Technical Sciences, Professor, V.M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of Russian Academy of Sciences.

T. V. Gustova – Candidate of Technical Sciences, Docent, V.M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of Russian Academy of Sciences.

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare that there is no conflict of interest.*

Статья поступила в редакцию 06.07.2021; одобрена после рецензирования 10.09.2021; принята к публикации 20.09.2021.

The article was received by the editorial board on 6 July 21; approved after reviewing 10 Sep 21; accepted for publication on 20 Sep 21.



Научная статья
05.18.15 – Технология и товароведение пищевых продуктов и функционального и специализированного назначения и общественного питания (технические науки)
УДК 664: 001.895
doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.03.015

КОРРЕЛЯЦИЯ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ С КАЧЕСТВОМ ТРЕХМЕРНОЙ ПЕЧАТИ ШОКОЛАДНОЙ МАССЫ

Сергей Алексеевич Бредихин¹, Владимир Николаевич Андреев²,
Александр Николаевич Мартеха³, Юрий Михайлович Березовский⁴

^{1, 2, 3} Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева, Москва, Россия

⁴ Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова, Москва, Россия

¹ bredihin2006@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6898-0389>

² andr64.64@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4890-379X>

³ man6630@rgau-msha.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7380-0477>

⁴ birjuza1@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1002-2580>

Аннотация. В экструзионной 3D-печати реологические свойства пищевых продуктов имеют решающее значение для достижения качественной печати. Целью данного исследования является изучение потенциальных корреляций между печатаемостью шоколадной массой и реологическими характеристиками. Экспериментальные данные получены в аккредитованной лаборатории Федерального научного центра пищевых систем им. В.М. Горбатова. В нашем исследовании мы применили метод роторно-шнековой экструзии для дозирования тертого шоколада. Для достижения качественных показателей 3D-конструкций необходимо прогнозировать физические свойства исходного материала. Были оценены толщина стенки, высота и диаметр, вес, а также свойства плавления и текучести 3D-печатного шоколада. Реологические данные использовались для оптимизации важных параметров используемого 3D-принтера, таких как скорость осаждения и температура подложки при экструзии. Хорошая печатная способность на подложке была достигнута путем прогнозирования поведения потока шоколада при постоянной скорости сдвига и определением температуры плавления шоколада путем регистрации спада вязкости во время теста на повышение температуры при постоянной скорости сдвига. Определена температура материала перед осаждением, которая поддерживалась на уровне 32 °С с целью выдавливания расплавленной шоколадной массы. Были проведены реологические исследования путем измерения динамической вязкости шоколадной массы от времени и температуры при постоянных скоростях сдвига 50 и 100 1/с. Сделаны выводы, что вязкость шоколада остается относительно постоянной при скорости сдвига выше 50 1/с, а также в испытуемом диапазоне температур она имела линейную тенденцию к снижению.

Ключевые слова: трехмерная печать, шоколадная масса, оптимизация, реологические характеристики, качество печати.

Для цитирования: Корреляция реологических свойств с качеством трехмерной печати шоколадной массы / С. А. Бредихин [и др.] // Ползуновский вестник. 2021. № 3. С. 111–116. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.03.015.

Original article

CORRELATION BETWEEN RHEOLOGICAL PROPERTIES AND QUALITY THREE-DIMENSIONAL PRINTED CHOCOLATE MASS

Sergey A. Bredikhin ¹, Vladimir N. Andreev ², Alexander N. Martekha ³,
Yuriy M. Berezovskiy ⁴

^{1,2,3} Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia

⁴ Gorbatov Federal Scientific Center for Food Systems, Moscow, Russia

¹ bredihin2006@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6898-0389>

² andr64.64@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4890-379X>

³ man6630@rgau-msha.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7380-0477>

⁴ birjuza1@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1002-2580>

Abstract. *The rheological properties of food are critical to achieving quality printing in extrusion 3D printing. The aim of this study is to investigate the potential correlations between the printability of chocolate mass and rheological characteristics. The experimental data were obtained in the accredited laboratory of the Gorbatov Federal Scientific Center for Food Systems. To inject chopped chocolate in our experimental studies, the method of screw-rotary extrusion was used. To achieve the quality indicators of 3D structures, it is necessary to predict the physical properties of the starting material. The wall thickness, height and diameter, weight, and melting and flow properties of 3D printed chocolate were evaluated. Rheological data were used to optimize important parameters of the 3D printer used, such as deposition rate and substrate temperature during extrusion. Good printability on the substrate was achieved by predicting the flow behavior of the chocolate at a constant shear rate and determining the melting point of the chocolate by recording the drop in viscosity during a temperature rise test at a constant shear rate. The temperature of the material before deposition was determined, which was maintained at 32 ° C in order to squeeze out the molten chocolate mass. Rheological studies were carried out by measuring the dynamic viscosity of the chocolate mass versus time and temperature at constant shear rates of 50 and 100 1/s. It was concluded that the viscosity of chocolate remains relatively constant at a shear rate above 50 1/s, and in the tested temperature range, it had a linear tendency to decrease.*

Keywords: 3D-printing, chocolate mass, optimization, rheological characteristics, print quality.

For citation: Bredikhin, S. A., Andreev, V. N., Martekha, A. N. & Berezovskiy, Yu. M. (2021). Correlation between rheological properties and quality three-dimensional printed chocolate mass. *Polzunovskiy vestnik*, (3), 111-116. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.03.015.

ВВЕДЕНИЕ

3D-печать – это технология, которая работает по аддитивному принципу путем осаждения материалов слой за слоем. Эта технология может быть использована для производства сложных, высококачественных заказных изделий без использования трудоемкой машины и дорогостоящих трудоемких форм. Экструзионная 3D-печать, первоначально введенная как моделирование плавленного осаждения, использовалась для производства пластика или металла, но сейчас она адаптируется в пищевой отрасли. В процессе экструзии реологические свойства материалов имеют решающее значение для обеспечения надлежащей экструдированности, связы-

вания различных слоев пищевых продуктов вместе и поддержания веса осажденных слоев [1, 2].

Технология трехмерной печати пищевых продуктов не только позволяет разрабатывать персонализированные формы и текстуры, но и оптимизировать рецептуру готовых объектов в соответствии с диетическими ограничениями, такими, как продукты с низким содержанием сахара / соли и витаминов [3, 4].

Понимание физических свойств подаваемого материала необходимо для достижения качественных показателей 3D-конструкций. Например, в процессе экструзионной 3D-печати пищевых объектов напечатанные слои должны сохранять свою структуру, пока материал наносится послойно. Эта

КОРРЕЛЯЦИЯ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ С КАЧЕСТВОМ ТРЕХМЕРНОЙ ПЕЧАТИ ШОКОЛАДНОЙ МАССЫ

«самоподдерживающаяся» способность при экструзии зависит от реологических (например, вязкость) и термических (например, температура кристаллизации и температура плавления) свойств; которые в совокупности играют важную роль в процессе кристаллизации осажденного слоя после его нанесения. Печатаемый материал для экструзионного метода должен демонстрировать сдвиговое истечение, которое позволяет субстратам эффективно течь во время экструзии через тонкое сопло. Деформация вязкости пищевого субстрата позволяет ему течь с контролируемой температурой [5, 6, 7].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Экструзия – это наиболее распространенный метод дозирования компонентов в 3D-печати пищевых продуктов. В нашем исследовании мы применили метод роторно-шнековой экструзии для дозирования тертого шоколада. В роторно-винтовой экструзии процесс состоял в основном в дозировании компонентов вращательным винтом, влияние которого на степень вращения и скорость перемещения определяет количество дозируемого материала [5].

Шоколад по своей природе считается пригодным для печати материалом. Понятие печатаемости связано со способностью экструдироваться из сопла и сохранять форму после послойного осаждения.

Различные методы могут быть применены для улучшения печатаемости шоколада, такие как точный контроль температуры во время экструзии, оптимизация размера частиц шоколада и введение добавок. Контроль температуры направлен на индуцирование образования более стабильных кристаллов с улучшенной текстурой, глянцевыми свойствами. Кроме того, уменьшение размера частиц шоколада в процессе его измельчения облегчает плавление в процессе печати.

Для повышения эффективности 3D можно использовать широкий спектр добавок, включая углеводы и белки, крахмалы и сахара. В целом они играют важную роль в улучшении текучести, осаждения и смазочных свойств подаваемого материала. Данные исследования сосредоточены на использовании стеарата магния, который известен тем, что действует как усилитель смазки в фармацевтическом производстве таблеток. Производители 3D-пищевых принтеров, рекомендуют добавлять стеарат магния в шоколадную массу в пропорциях до 5 % по массе. Включение этой соли улучшает текучесть и сма-

зочные свойства смеси, предотвращая прилипание ингредиентов к бункеру принтера и вращающемуся шнеку. Эта разрешенная добавка используется для контроля липкости и улучшения текучести материала, используемого для экструзии [8].

Реологические свойства шоколадной массы были коррелированы для достижения оптимальных условий печати при температуре экструзии. Качество 3D-шоколадных конструкций оценивалось путем измерения диаметра стенки, веса и высоты объекта. Это исследование приносит новые идеи в разработку 3D-шоколадных конструкций с улучшенными характеристиками печати и физической стабильности.

Экспериментальные данные получены в Федеральном научном центре пищевых систем им. В.М. Горбатова. В работе использовали темный шоколад торговой марки Коркунов. Для измерения реологических свойств образца шоколада использовали контролируемый реометр напряжения. Все измерения проводились в реометре с регулируемой скоростью сдвига, использующем 40 мм нержавеющую сталь, геометрию пескоструйной обработки. Скорость сдвига устанавливали при 100 1/с, температуре 32 °C и продолжительности испытания 10 мин. Температурный скачок был установлен для определения температуры плавления шоколада. Предварительно определенная начальная температура составляла 25 °C со скоростью предварительного сдвига 2 1/с в течение 10 с. Температурный скачок применялся от 25 °C до 32 °C с постоянной скоростью сдвига 100 1/с в течение 10 мин. Измерения свойств потока проводились для пикового удержания и скачка температуры. Из этих параметров были извлечены данные о вязкости [9].

В исследовании использовали принтер марки *Chocolate Fiesta One*. Перед печатью температура экструдера была установлена на уровне 32 °C в течение 5 мин, чтобы обеспечить контроль и поддержание температуры экструдирования. Параметры печати были установлены следующим образом: скорость печати 70 мм/с, температура экструзии откалибрована при 32 °C, размер сопла 1,5 мм (внутренний диаметр 0,8 мм) и температура слоя принтера поддерживалась при температуре от 15 °C до 22 °C. Эти параметры были установлены на основе корреляций между тепловым и потоковым поведением шоколада. Текучесть шоколадных чернил была проанализирована для определения температуры, при которой шоколад начинает течь (точка плавления шоколада). Динамическую вяз-

кость измеряли при постоянной скорости сдвига (100 1/с) в интервале температур от 24 до 32 °С. Скорость сдвига 100 1/с применяли, имитируя вращение шнека, помогающего движению шоколада из бункера к соплу принтера.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На рисунках 1, 2 показана зависимость динамической вязкости от температуры образцов шоколада до и после добавления стеарата магния соответственно.

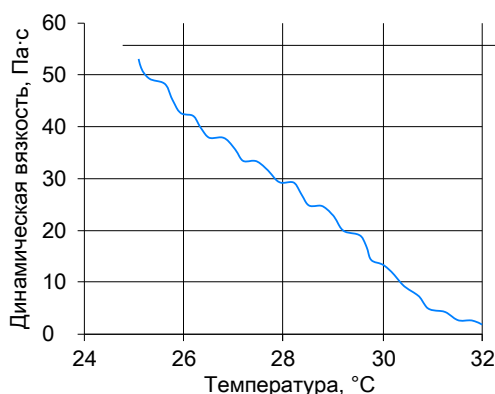


Рисунок 1 – Зависимость динамической вязкости шоколада без стеарата магния от температуры при скорости сдвига 100 1/с

Figure 1 – Dependence of the dynamic viscosity of chocolate without magnesium stearate on temperature at a shear rate of 100 1/s

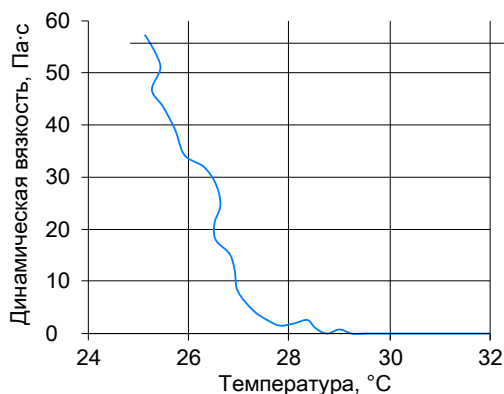


Рисунок 2 – Зависимость динамической вязкости шоколада со стеаратом магния от температуры при скорости сдвига 100 1/с

Figure 2 – Dependence of the dynamic viscosity of chocolate with magnesium stearate on temperature at a shear rate of 100 1/s

Температура плавления шоколада не могла быть четко определена для образца

без стеарата магния. Как видно из рисунка 1, динамическая вязкость в испытуемом диапазоне температур имела линейную тенденцию к снижению. Однако для образца, содержащего стеарат магния, аналогичная тенденция наблюдалась примерно до 29 °С, с этого момента было установлено плато, указывающее на то, что большая часть кристаллов шоколада расплавилась. Продукт считался полностью расплавленным при температуре 32 °С.

Считается, что снижение вязкости при нагревании смеси облегчает процесс экструзии, так как повышает ее текучесть по всему соплу шоколада. Реологические свойства действительно играют важную роль в предсказании поведения печати, поскольку исходная рецептура должна проявлять тиксотропное поведение. В нашем исследовании оценивалась толщина стенок конструкции до и после 3D-печати, они не показали большой вариабельности. Реологические данные использовались для оптимизации важных параметров используемого 3D-принтера, таких как скорость осаждения и температура подложки при экструзии. Хорошая печатная способность на подложке была достигнута путем прогнозирования поведения потока шоколада при постоянной скорости сдвига и определением температуры плавления шоколада путем регистрации спада вязкости во время теста на повышение температуры при постоянной скорости сдвига [7, 8, 9].

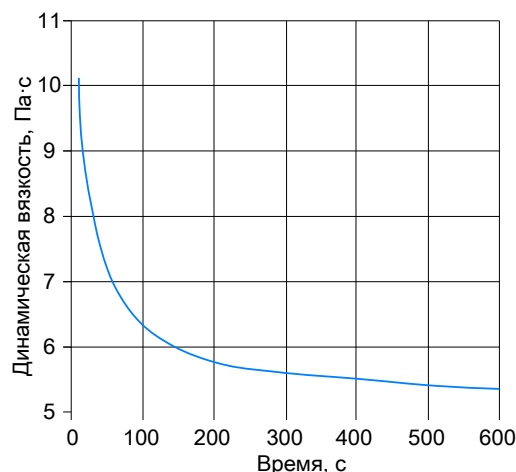


Рисунок 3 – Зависимость динамической вязкости от времени при скорости сдвига 50 1/с

Figure 3 – Dependence of dynamic viscosity on time at a shear rate of 50 1/s

После определения температуры плавления были проведены дополнительные рео-

КОРРЕЛЯЦИЯ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ С КАЧЕСТВОМ ТРЕХМЕРНОЙ ПЕЧАТИ ШОКОЛАДНОЙ МАССЫ

логические измерения путем измерения динамической вязкости от времени при постоянных скоростях сдвига 50 и 100 1/с (рисунки 3 и 4) соответственно.

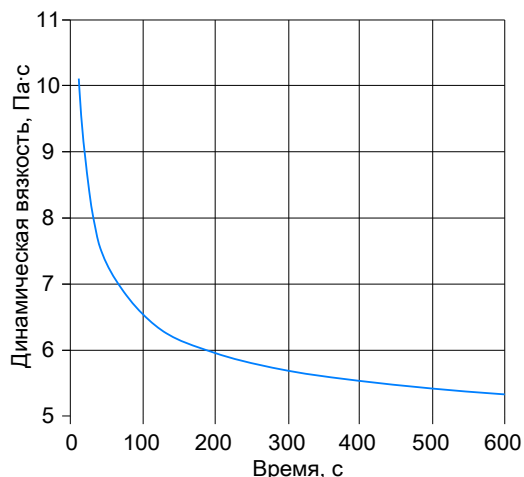


Рисунок 4 – Зависимость динамической вязкости от времени при скорости сдвига 100 1/с для шоколада со стеаратом магния

Figure 4 – Dependence of dynamic viscosity on time at a shear rate of 100 1/s for a chocolate fret with magnesium stearate

Этот тест проводился в течение 10 мин, исходя из времени, затраченного до нанесения первого слоя экструдированного материала. На этом этапе материал подвергается медленному перемещению из бункера принтера в экструдер.

Как видно из рисунков, динамическая вязкость зависела от времени с тиксотропной характеристикой (уменьшающиеся значения со временем сдвига).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты реологии дают полезную информацию, жизненно важную для осаждения шоколада, поскольку она указывает начальную температуру, при которой шоколад начинает плавиться. В этом эксперименте была выбрана более низкая скорость сдвига (50 и 100 1/с), что моделирует скорость экструзии 3D-принтера. Учитывая, что поток ламинарный, скорость сдвига при экструзии через сопло диаметром d и объемным расходом v была рассчитана ($\dot{\gamma} = 8v/d$), примерно равной 100 1/с. Вязкость шоколада остается относительно постоянной при скорости сдвига выше 50 1/с.

Исходя из реологических результатов и механизмов кристаллообразования при

плавлении / перекристаллизации шоколада, максимальная температура 3D-принтера была установлена на уровне 32 °С.

Подчеркнем, что параметры печати, установленные в данном исследовании, могут быть применимы только к шоколадной массе. Однако наши результаты дают важную информацию для будущих исследований, связанных с оптимизацией печатаемости пищевых объектов [8].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ильин И.В. Обзор технологий трехмерной печати // Научно-практические исследования. 2018. № 1 (10). С. 35–42.
2. Холодилов А.А., Яковлева А.В., Пузынина М.В. Моделирование технологии послойного деления трехмерной модели при 3D-печати изделий сложной формы // Вестник современных исследований. 2019. № 1.13 (28). С. 173–176.
3. Родионова О.И., Алешков А.В., Синюков В.А. 3D-печать пищевой продукции как инновационная технология // Вестник Хабаровского государственного университета экономики и права. 2019. № 2 (100). С. 119–124.
4. Дресвянников В.А., Страхов Е.П., Возмищева А.С. Анализ применения аддитивных технологий в пищевой промышленности // Продовольственная политика и безопасность. 2017. Т. 4. № 3. С. 133–139. doi: 10.18334/ppib.4.3.38500.
5. Гришин А.С., Бредихина О.В., Помоз А.С. [и др.]. Новые технологии в индустрии питания – 3D-печать // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. 2016. Т. 4. № 2. С. 36–44. doi: 10.14529/food160205.
6. Толочко Н.К., Андрушевич А.А., Василевский П.Н., Чугаев П.С. Применение технологии экструзионной 3D-печати в литейном производстве // Литье и металлургия. 2018. № 4 (93). С. 139–144. doi: 10.21122/1683-6065-2018-4-139-144.
7. Коган В.В., Семенова Л.Э. Инженерная реология в пищевой промышленности // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. 2019. № 4. С. 147–156. doi: 10.24143/2073-5529-2019-4-147-156.
8. Инженерная реология. Физико-механические свойства и методы обработки пищевого сырья: учеб. пособие / С.А. Бредихин [и др.]. Санкт-Петербург: Изд-во "Лань". 2021. 192 с.
9. Исследование теплофизических и реологических свойств пищевых растительных масел / А.Н. Остриков [и др.] // Ползуновский вестник. 2021. № 2. С. 36–43. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.05.005.

Информация об авторах

С. А. Бредихин – доктор технических наук, профессор, зав. кафедры «Процессы и аппараты перерабатывающих производств» Российского государственного аграрного университета – Московской сельскохозяйственной академии им. К.А. Тимирязева.

В. Н. Андреев – кандидат технических наук, доцент кафедры «Процессы и аппараты перерабатывающих производств» Российского государственного аграрного университета – Московской сельскохозяйственной академии им. К.А. Тимирязева.

А. Н. Мартеха – кандидат технических наук, доцент кафедры «Процессы и аппараты перерабатывающих производств» Российского государственного аграрного университета – Московской сельскохозяйственной академии им. К.А. Тимирязева.

Ю. М. Березовский – доктор технических наук, научный консультант Федерального научного центра пищевых систем им. В.М. Горбатова.

REFERENCES

1. Ilin, I.V. (2018). Overview of 3D printing technologies. *Scientific and practical research*, 1(10), 35-42 (In Russ.).
2. Kholodilov, A.A., Iakovleva, A.V. & Puzynina, M.V. (2019). Modeling the technology of layer-by-layer division of a three-dimensional model in 3D-printing of complex-shaped products. *Proceedings of modern research*, 1.13(28), 173-176. (In Russ.).
3. Rodionova, O.I., Aleshkov, A.V. & Sinyukov, V.A. (2019). 3D printing of food products as an innovative technology. *Proceedings of Khabarovsk State University of Economics and Law*. 2(100), 119-124. (In Russ.).
4. Dresvyannikov, V.A., Strakhov, E.P. & Vozmishcheva, A.S. (2017). Analysis of the application of additive technologies in the food industry. *Food Policy and Security*, (3), 133-139. (In Russ.). doi: 10.18334/ppib.4.3.38500.

5. Grishin, A.S., Bredikhina, O.V., Pomoz, A.S. & [et al.]. (2016). New technologies in the food industry - 3D printing. *Proceedings of South Ural State University. Series: Food and Biotechnology*, (2), 36-44. (In Russ.). doi: 10.14529/food160205.

6. Tolochko, N.K., Andrushevich, A.A., Vasilevskiy, P.N. & Chugaev, P.S. (2018). Foundry applications of extrusion 3D printing technology. *Casting and metallurgy*. 4(93), 139-144. (In Russ.). doi: 10.21122/1683-6065-2018-4-139-144.

7. Kogan, V.V. & Semenova, L.E. (2019). Engineering rheology in the food industry. *Proceedings of Astrakhan State Technical University. Series: Fisheries*. (4), 147-156 (In Russ.). doi: 10.24143/2073-5529-2019-4-147-156.

8. Bredikhin, S.A., Andreev, V.N., Berezovskiy, Yu.M. & Martekha, A.N. (2021). Engineering rheology. Physical and mechanical properties and methods of processing food raw materials: Textbook. St. Petersburg: Lan. (In Russ.).

9. Ostrikov, A.N., Kleymenova, N.L., Bolgova, I.N. & Kopylov, M.V. (2021). The research of thermophysical and rheological properties of edible vegetable oils. *Polzunovskiy vestnik*, (2), 36-43. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.05.005.

Information about the authors

S. A. Bredikhin – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Department of Processes and devices of processing industries of the Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy.

V. N. Andreev – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Processes and Apparatuses of Processing Industries of the Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy.

A. N. Martekha – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Processes and Apparatuses of Processing Industries of the Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy.

Yu. N. Berezovskiy – Doctor of Technical Sciences, Scientific Consultant of the Gorbatov Federal Scientific Center for Food Systems.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 23.07.2021; одобрена после рецензирования 14.09.2021; принята к публикации 20.09.2021.

The article was received by the editorial board on 23 June 21; approved after reviewing on 14 Sep 21; accepted for publication on 20 Sep 21.



Обзорная статья

05.18.15 – Технология и товароведение пищевых продуктов и функционального и специализированного назначения и общественного питания (технические науки)

УДК 664

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.03.016

АНАЛИЗ РАБОТ В ОБЛАСТИ РАЗРАБОТКИ ПРОДУКТОВ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ, ОБЛАДАЮЩИХ ИММУНОМОДУЛИРУЮЩИМИ СВОЙСТВАМИ

Людмила Николаевна Буракова ¹, Даниил Александрович Плотников ²

^{1,2} Тюменский Индустриальный Университет, Тюмень, Россия

¹ burakovaln@tyuiu.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6135-1507>

² plotnikovda@tyuiu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4061-9436>

Аннотация. В настоящее время активно реализуются программы развития территории Арктики, к которым относят Ямало-Ненецкий автономный округ. Одной из целей данных программ является обеспечение продовольственной безопасности региона и формирование здорового образа жизни населения, направленного на профилактику заболеваний. Согласно данным Роспотребнадзора, высокое распространение в данном регионе в последние годы получили инфекционные заболевания, что связано с иммунодефицитом населения. Поэтому целью данной работы был анализ исследований, описывающих разработки, обладающие иммуномодулирующими свойствами. В ходе работы применены теоретические методы исследования: анализа, синтеза, обобщения, систематизации и сравнения. В статье представлены компоненты существующих комплексов функционального назначения, а также свойства, которыми они обладают. В результате установлено, что в настоящее время уже существуют подходы к восстановлению иммунодефицита, но они не рассматривают применение сырья, произрастающего на территории Арктики. В результате сформулирована цель дальнейшего исследования – разработка комплекса, обладающего иммуномодулирующими свойствами и включающего в состав сырье, произрастающее в арктическом регионе. Первым этапом данного исследования будет выявление компонентов комплекса функционального назначения на основе анализа их витаминно-минерального состава.

Ключевые слова: иммунная система, Тюменская область, ЯНАО, функциональные продукты, статистика, сырье, иммуномодулирующее действие.

Для цитирования: Буракова Л. Н., Плотников Д. А., Анализ работ в области разработки продуктов функционального назначения, обладающих иммуномодулирующими свойствами // Ползуновский вестник. 2021. № 3. С.117-122. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.03.016.

ANALYSIS OF STUDIES ON DEVELOPMENT OF FUNCTIONAL PRODUCTS WITH IMMUNOMODULATORY PROPERTIES

Lyudmila N. Burakova¹, Daniil A. Plotnikov²

^{1,2}Tyumen Industrial University, Tyumen, Russia

¹burakovaln@tyuiu.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6135-1507>

²plotnikovda@tyuiu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4061-9436>

Abstract. Currently, programs for the development of the Arctic territory, which include the Yamalo-Nenets Autonomous Okrug, are being actively implemented. One of the goals of these programs is to ensure the food security of the region and the formation of a healthy lifestyle for the population aimed at preventing diseases. According to Federal Service for the Oversight of Consumer Protection and Welfare, infectious diseases have become highly prevalent in this region in recent years, which is associated with the immunodeficiency of the population. Therefore, the purpose of this work was to analyze studies describing developments with immunomodulatory properties. In the course of the work, theoretical research methods were applied: analysis, synthesis, generalization, systematization and comparison. The article presents the components of existing functional complexes, as well as the properties they possess. As a result, it was found that at present there are already approaches to the restoration of immune deficiency, but they do not consider the use of raw materials grown in the Arctic. As a result, the goal of further research was formulated - the development of a complex that has immunomodulatory properties and includes raw materials growing in the Arctic region. The first stage of this study will be to identify the components of the functional complex based on the analysis of their vitamin and mineral composition.

Keywords: immune system, Tyumen region, Yamalo-Nenets Autonomous Okrug, functional products, statistics, raw materials, immunomodulating effect.

For citation: Burakova, L. N. & Plotnikov, D. A. (2021). Analysis of studies on development of functional products with immunomodulatory properties. *Polzunovskiy vestnik*, (3), 117-122. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.03.016.

ВВЕДЕНИЕ

В соответствии с Указом Президента Российской Федерации от 02.05.2014 г. № 296, Ямало-Ненецкий автономный округ (ЯНАО) относится к Арктической зоне Тюменской области.

Территория округа расположена в экстремальной природно-климатической зоне Крайнего Севера и Полярного круга и относится к зонам повышенного дискомфорта климата, что осложняет жизнедеятельность людей, влияет на развитие производственной и социальной инфраструктуры. Для повышения качества жизни населения данного региона в нем реализуются различные государственные программы, одной из которых является «Ямало-Ненецкий автономный округ в 2030 г. – регион высоких стандартов качества жизни, лидер российской экономики в Арктике, обеспечивающий национальную энергетическую безопасность РФ» [1].

Основной целью данной программы в части здравоохранения является ее модер-

низация, развитие инфраструктуры здравоохранения, формирование здорового образа жизни и другое.

Здоровый образ жизни – это образ, направленный на профилактику заболеваний и укрепление здоровья путем поддержания взаимосвязанных факторов, к которым относятся личная гигиена, отказ от вредных привычек, выработка режима, физическая активность и, в частности, сбалансированное и умеренное питание.

Последнее вызывает особые затруднения при поддержании здорового образа жизни, что связано с продолжительной зимой и недостатком овощей и фруктов, которые являются основным источником витаминов и макроэлементов. Основой рациона питания в условиях Крайнего Севера – мясо и хлебные продукты.

Питание коренного населения обусловлено их основной деятельностью (собираТЕЛЬСТВОМ, охотой и рыбалкой) и покупкой отдельных категорий продуктов в ближайшем населенном пункте, которые также характе-

АНАЛИЗ РАБОТ В ОБЛАСТИ РАЗРАБОТКИ ПРОДУКТОВ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ, ОБЛАДАЮЩИХ ИММУНОМОДУЛИРУЮЩИМИ СВОЙСТВАМИ

ризируются недостатком витаминов и макроэлементов, а также недостаточной термической обработкой сырья. В результате это приводит к некоторым особенностям формирования заболеваемости населения. Так, согласно докладу Роспотребнадзора, в 2020 г. самая распространенная группа заболеваний у жителей ЯНАО – инфекционные и паразитарные болезни, которые по итогу года составили 299 778 случаев.

Подробный анализ данных об инфекционных заболеваниях позволил установить, что наибольшая доля выявленных случаев относится к ОРВИ – более 94 %.

Профилактика, а также снижение тяжести и длительности данных заболеваний может быть достигнута путем употребления витаминов и макроэлементов, способствующих устранению иммунодефицита [2].

Это обуславливает необходимость разработки комплекса с заданными иммуномодулирующими свойствами для адаптации иммунной системы жителей Арктической зоны.

Таким образом, целью статьи является анализ ранее выполненных работ в данной области и определение компонентов для дальнейшего изучения и составления пищевого продукта с иммуномодулирующими свойствами.

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

- анализ ранее выполненных работ и разработок, обладающих иммуномодулирующими свойствами;
- сравнительная оценка предлагаемых компонентов для разработки продуктов / добавок с иммуномодулирующими свойствами;
- определение сырья растительного происхождения, произрастающего на территории Арктики, которое может быть использовано для разработки пищевого продукта.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

В настоящее время выполнен ряд исследований в области разработки продуктов функционального назначения или биологически активных добавок с иммуномодулирующими свойствами. Данные работы можно разделить на несколько типов:

- композиции, включающие продукты / экстракты / порошки растительного происхождения;
- композиции, содержащие экстракты растительного и животного происхождения;
- композиции, использующие существующие БАДы, витамины, минералы.

К последнему типу можно отнести разработки, выполненные А.И. Шубиным и

направленные на формирование и повышение общеукрепляющих, иммуномодулирующих и ангиопротекторных свойств [3].

Существующие витамины также содержатся в пищевом функциональном продукте, разработанном Е.А. Бутиной, Е.П. Корнена и другими. В качестве данной добавки используется «Витол-коктейль», к которому добавляются водорастворимые витамины, а также растительные экстракты [4].

Подобный подход использован при разработке биологически активной добавки, направленной на улучшение регенерации тканей, восстанавливающей иммунитет, способствующей увеличению физической активности и выносливости [5]. В основе данной добавки включены также жиры лососевых пород рыбы. Этот компонент является основой разработки Д.В. Демченко, О.Н. Пожарницкой, А.Н. Шикова и других [6]. Авторы предложили функциональный продукт питания на основе жиров лососевых пород и растительных экстрактов, обладающий не только иммуномодулирующими свойствами, но и гепатопротективными, кардиопротективными и противовоспалительными свойствами.

Растительные экстракты как основа добавок или продуктов функционального назначения рассмотрены в работах А.К. Ильина, А.В. Малышева, В.Е. Тарасова и других [7, 8, 9]. Для придания продуктам или добавкам иммуномодулирующих свойств авторы предложили включить в их состав арабиногалактан, бетулин, зерна различных семян, а также экстракты люцерны и надземной части эхинацеи.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В данной статье представлены результаты теоретических исследований, полученных с помощью методов анализа, индукции, систематизации и обобщения.

Для выполнения экспериментальных исследований на следующем этапе работы будет определено количество витамина А в соответствии с ГОСТ Р 54635-2011; витамина С согласно ГОСТ Р 34151-2017; витамина D по ГОСТ 7074-55; минералов по ГОСТ 26929-94. Выявленные компоненты в ходе анализа витаминно-минерального состава будут добавлены в хлеб, который станет соответствовать техническим условиям ГОСТ Р 58233-2018. Изучение полученного продукта будет проводиться согласно ГОСТ 5668, ГОСТ 5669, ГОСТ 5670, ГОСТ 5672, ГОСТ 21094, ГОСТ 5667-65. В результате будет определена массовая доля жира и сахара в продукте, кислотность, кислотность и влажность.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

боток, обладающих иммуномодулирующими свойствами, представлены в таблице 1.

Подробные результаты анализа разра-

Таблица 1 – Результаты анализа разработок, обладающих иммуномодулирующими свойствами

Table 1 – Results of the developments with immunomodulatory property analysis

Авторы работы	Компоненты продукта / добавки	Свойства продукта / добавки
Ильин А.К.	Арабиногалактан, бетулин	Антиоксидантные, противовоспалительные, дитоксирующие, противоаллергические, противовирусные и иммуномодулирующие
Шубин А.И.	Дезоксирибонуклеиновая кислота, витамины В1, В6, аскорбиновая кислота, L-аргинин, витамины В12, РР, фолиевая кислота	Общеукрепляющие, иммуномодулирующие и ангиопротекторные
Малышев А.В.	Зерна пшеницы, овса, кукурузы, гороха, чечевицы, экстракт травы люцерны, пробиотик В	Противоопухолевыми, биостимулирующими, противовоспалительными
Тарасов В.Е., Косикнова И.А., Ханферян Р.А. и др.	Надземная часть эхинацеи пурпурной	Иммуномодулирующие
Бутина Е.А., Корнева Е.П., Попов В.Г. и др.	Растительные фосфолипиды, аскорбиновая кислота, жирорастворимые витамины Е и β-каротин, сахар или его заменитель, витамины В1, В2 и В6, сульфат железа, сухой водорастворимый экстракт шиповника и корня солодки голой	Иммуномодулирующие
Верещагин Е.И.	Низкомолекулярные ДНК лососевых рыб, аминокислоты глутамина, фолиевая и янтарная кислоты, арабиногалактан	Регенерирующие, иммуномодулирующие
Демченко Д.В., Пожарницкая О.Н., Шиков А.Н. и др.	Жиры лососевых пород и масляных экстрактов пустырника, плодов лимонника китайского, цветков ромашки аптечной	Гепатопротекторные, кардиопротекторные, иммуномодулирующие и противовоспалительные

На основе проведенного анализа установлено, что до настоящего момента не выявлено разработок, обладающих иммуномодулирующими свойствами, на основе арктического сырья, что может в дальнейшем способствовать развитию аграрного производства в данном регионе и повышению его продовольственной безопасности. Поэтому в качестве компонентов для разработки пищевого продукта (хлеба) на следующем этапе исследования будут рассмотрены: плоды шиповника коричневого, плоды боярышника кроваво-красного, цветки клевера красного лугового, цветущая надземная часть гречихи, трава водяники, листья земляники. Предварительно будет определен их витаминно-минеральный состав в соответствии с существующими методами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ / ВЫВОДЫ

В настоящее время государственные программы развития территории Арктики, к которой относится Ямало-Ненецкий автономный округ, направлены не только на увеличение экономических показателей, но и на формирование здорового образа жизни населения, а также обеспечения продовольственной безопасности. Анализ данных о заболеваемости населения показал высокую долю заболеваний, связанных с ослабленным иммунитетом. Поэтому целью данной статьи был анализ работ в области добавок / продуктов / композиций, обладающих иммуномодулирующими свойствами.

В ходе анализа было установлено, что в

АНАЛИЗ РАБОТ В ОБЛАСТИ РАЗРАБОТКИ ПРОДУКТОВ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ, ОБЛАДАЮЩИХ ИММУНОМОДУЛИРУЮЩИМИ СВОЙСТВАМИ

настоящее время уже существуют разработки в данной области, однако они не содержат в составе компонентов, произрастающих в арктическом регионе, что не способствует формированию продовольственной безопасности данного региона. Поэтому цель дальнейших исследований будет заключаться в разработке пищевого продукта, обладающего иммуномодулирующими свойствами и разработанного на основе сырья, произрастающего в арктическом регионе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Материалы для подготовки государственного доклада «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Ямало-Ненецком автономном округе» по Тюменской области в 2020 году. Тюмень: Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Тюменской области. 2021. 216 с.
2. Неверов В.Ю., Буракова Л.Н. Разработка пастообразного шоколадно-орехового продукта, обладающего иммуномодулирующими свойствами: Материалы X Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию Орловского государственного университета им. И.С. Тургенева. Под редакцией О.В. Евдокимовой, Т.Н. Лазаревой. (Орел, 21–22 ноября 2019 года); Потребительский рынок: качество и безопасность товаров и услуг, Орел. С. 301–305.
3. Композиция, обладающая общеукрепляющим, иммуномодулирующим и ангипротекторным действием: пат. 2338541 Рос. Федерация; заявл. 2007115397/15; опубл. 20.11.2008, Бюл. № 32.
4. Пищевой функциональный продукт, обладающий иммуномодулирующими свойствами: пат. 2453132 Рос. Федерация; заявл. 2011101211/13; опубл. 20.06.2012, Бюл. № 17.
5. Биологически активная добавка к пище: пат. 2559066, Рос. Федерация; заявл. 2014136858/13; опубл. 10.08.2015, Бюл. № 22.
6. Функциональные продукты питания и способ их получения: пат. 2602608, Рос. Федерация; заявл. 2015149606/13; опубл. 20.11.2016, Бюл. № 32.
7. Ильин А.К. Разработка продуктов питания с повышенными иммуномодулирующими свойствами для курсантов военных ВУЗов: материалы XVIII региональной научно-практической конференции (Благовещенск, 18 мая 2017 года); Молодежь XXI века: Шаг в будущее, Благовещенск. С. 621–622.
8. Продукт диетического, профилактического и функционального питания для спортивного питания с пробиотиком В: пат. 2458538, Рос. Федерация; заявл. 2011108408/13; опубл. 20.08.2012, Бюл. № 23.
9. Биологически активная добавка к пище, обладающая иммуномодулирующими свойствами: пат. 2402939, Рос. Федерация; заявл. 2009118577/13; опубл. 10.11.2010, Бюл. № 31.

Информация об авторах

Л. Н. Буракова – к.т.н., доцент кафедры товароведения и технологии продуктов питания, Тюменский индустриальный университет.

Д. А. Плотников – ассистент-стажер кафедры товароведения и технологии продуктов питания, Тюменский индустриальный университет.

REFERENCES

1. Materials for the preparation of the state report "On the state of sanitary and epidemiological well-being of the population in the Yamal-Nenets Autonomous Okrug" in the Tyumen region in 2020. (2021). Tyumen: Office of the Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Welfare in the Tyumen Region. (In Russ.).
2. Neverov, V.Yu. & Burakova, L.N. (2019). Development of a paste-like chocolate-nut product with immunomodulatory properties: *Materials of the X International Scientific and Practical Conference dedicated to the 100th anniversary of the Orel State University. I.S. Turgenev. «CONSUMER MARKET: QUALITY AND SAFETY OF GOODS AND SERVICES»* O.V. Evdokimova, T.N. Lazareva (Ed.). Orel. 301-305. (In Russ.).
3. Shubin, A.N. (2008). Composition with general strengthening, immunomodulatory and anti-protective action. *Pat. 2338541 Russian Federation, declared 2007115397/15; published on 20.11.2008.* Bull. No. 32. (In Russ.).
4. Butina, E.A., Kornena, E.P., Popov, V.G., Gerasimenko, E.O., Pakhomov, A.N., Klindukhov, V.P. & Gulishanyan, A.E. (2012). Food functional product with immunomodulatory properties. *Pat. 2453132 Russian Federation, declared 2011101211/13; published on 20.06.2012.* Bull. No. 17. (In Russ.).
5. Vereshchagin, E.I. (2015). Biologically active food additive. *Pat. 2559066 Ros. Federation; declared 2014136858/13; published on 08/10/2015.* Bull. No. 22. (In Russ.).
6. Demchenko, D.V., Pozharitskaya, O.N., Shikov, A.N., Makarova, M.N., Makarov, V.G. & Fomichev, Yu.S. (2016). Functional food products and the method of obtaining them. *Pat. 2602608 Russian Federation, app. 2015149606/13; published on 20.11.2016.* Bull. No. 32. (In Russ.).
7. Ilyin, A.K. Development of food products with increased immunomodulatory properties for cadets of military universities. *Materials of the XVIII regional scientific and practical conference; YOUNG PEOPLE OF THE XXI CENTURY: A STEP INTO THE FUTURE*, Blagoveshchensk. 621-622. (In Russ.).
8. Malyshev, A.V. (2012). Product of dietary, preventive and functional nutrition for sports nutrition with probiotic B. *Pat. 2458538 Russian Federation,; app. 2011108408/13; publ. 20.08.2012.* Bull. No. 23. (In Russ.).

9. Tarasov, V.E., Kosinkova, I.A., Khanferyan, R.A., Maltseva, V.A. & Tarasov, S.V. (2010). Biologically active food supplement with immunomodulatory properties. *Pat. 2402939 Russian Federation*; declared 2009118577/13; published on 10.11.2010. Bull. No. 31. (In Russ.).

Information about the authors

L. N. Burakova – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Commodity Science and Food Technology, Tyumen Industrial University.

D. A. Plotnikov – Assistant-Trainee, Department of Commodity Science and Food Technology, Tyumen Industrial University.

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare that there is no conflict of interest.*

Статья поступила в редакцию 28.07.2021; одобрена после рецензирования 15.09.2021; принята к публикации 20.09.2021.

The article was received by the editorial board on 28 July 21; approved after editing on 15 Sep 21; accepted for publication on 20 Sep 21.



Научная статья

05.18.15 – Технология и товароведение пищевых продуктов и функционального и специализированного назначения и общественного питания (технические науки)

УДК 637. 141.8:635.1/.7

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.03.017

РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУР КОКТЕЙЛЕЙ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Валентина Николаевна Гетманец

ФГБОУ ВО «Алтайский государственный аграрный университет», Барнаул, Россия
getmanecv@mai.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1366-2922>

Аннотация. Данная работа направлена на разработку коктейлей функционального назначения на основе растительного «молока» с использованием в разных соотношениях творога и овсяных хлопьев. Предложено три композиции коктейлей, в каждой рассмотрено по две рецептуры. В исследуемых образцах была изучена пищевая и энергетическая ценность, а также потребительские свойства. Проведено обобщение полученных данных в табличном и графическом изображениях. Установлено, что высокое содержание белка в образце № 1, второго варианта (соотношение растительного молока и творога 1:1) 9,7 %, что больше на 2,78 (1:0,5) и на 4,41 – 2,45 % коктейля № 2 с добавлением овсяных хлопьев. Коктейль, предлагаемый по рецептуре вариант № 1 (с творогом) и № 3 (творог и овсяные хлопья), в соответствии с ГОСТ Р 55577-2013 относятся к продуктам с высоким содержанием белка, так как энергетическая ценность пищевого продукта обеспечивается за счет белка на 39; 48,8; 25 и 24 %, в зависимости от предлагаемой рецептуры. Композиция коктейля № 2 относится к пищевым продуктам, которые являются источником белка. С учетом пищевой ценности и потребительских свойств автор рекомендует варианты коктейлей № 1 и № 3.

Ключевые слова: белок, творог, растительный напиток, рецептура, овес, растительное молоко, продукты функционального назначения.

Для цитирования: Гетманец, В. Н. Разработка рецептур коктейлей функционального назначения // Ползуновский вестник. 2021. № 3. С. 123-130 . doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.03.017.

Original article

DEVELOPMENT OF FUNCTIONAL COCKTAIL FORMULATIONS

Valentina N. Getmanets

Altai State Agrarian University, Barnaul, Russian Federation
getmanecv@mai.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1366-2922>

Abstract. This work is aimed at the development of functional cocktails based on vegetable milk using curd and oatmeal in different ratios. Three cocktail compositions were proposed, each of which considered two formulations.

In each composition, two formulations were considered. It was found that the high protein content in sample No. 1, the second option (the ratio of vegetable milk and cottage cheese 1: 1) is 9.7%, which is 2.78 (1: 0.5) more and 4.41 - 2.45 % cocktail number 2 with the addition of oatmeal. The cocktail offered according to the formulation option No. 1 (with cottage cheese) and No. 3 (cottage cheese and oatmeal) in accordance with State Standard R 55577-2013 refer to products with a high protein content, since the energy value of a food product is provided by protein by 39; 48.8; 25 and

© Гетманец, В. Н., 2021

24 %, depending on the proposed formulation. Cocktail composition No. 2 refers to food products that are a source of protein. Taking into account the nutritional value and consumer properties, the author recommends options for cocktails No. 1 and 3.

Keywords: protein, cottage cheese, herbal drink, formulation, oats, vegetable milk, functional products.

For citation: Getmanets, V. N. (2021). Development of functional cocktail formulations. *Polzunovskiy vestnik*, (3), 123-130. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.03.017.

ВВЕДЕНИЕ

Рациональное питание, занятие спортом стало трендом для современной молодежи, а для некоторых и смыслом жизни. Все больше потребителей предпочитают натуральные продукты с повышенной пищевой ценностью. Это подтверждают и многие авторы в своих работах, которые отмечают об увеличении спроса на продукты белково-углеводного и углеводно-белкового состава [1, 8]. В настоящее время разработка продуктов с функциональными свойствами является перспективным направлением пищевой промышленности, это подтверждается и тем, что одной из целей Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства на 2017–2025 гг. является создание качественных и безопасных продуктов питания, в том числе функционального назначения.

К данной группе относятся пищевые продукты, в состав которых входит только качественное сырье природного происхождения, не содержащее генетически модифицированных компонентов [5].

Для уменьшения калорийности и увеличения полезности необходимо использовать новые виды сырья. В настоящее время рынок растительных напитков – это самая быстрорастущая категория в рознице среди товаров повседневного спроса [11]. В связи с этим в качестве основного сырья нами было выбрано овсяное молоко, которое в структуре продаж растительного молока является лидером. Актуальность использования данного напитка заключается не только в пользе, но и в его экономической и производственной доступности для Алтайского края, который является крупнейшим производителем зерна в Российской Федерации. Однако у этого напитка имеется существенный недостаток, так в его составе содержится незначительное содержание белка. Для компенсации белка в рецептурный состав коктейлей вносили творог, для баланса углеводов использовали овсяные хлопья, которые также пользуются популярностью у населения [3, 5, 7].

Важную роль в рационе питания играют животные белки, содержание которых в ра-

ционе питания населения по исследованиям, проведенным Институтом питания РАМН, недостаточно, что подтверждает целесообразность использования в качестве составляющего коктейлей использование творога.

Творог обладает высокой биологической ценностью, содержит незаменимые аминокислоты, относится к категории белковых продуктов и пользуется спросом у населения всех возрастных категорий. Это подтверждается с объемами производства данного продукта. Так, в 2020 году производства творога в Алтайском крае составило 13, 2 тысячи тонн, что почти на 20 % больше показателей 2019 года.

С учетом изложенного, разработка коктейлей функционального назначения на основе выбранного сырья является актуальным.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили в условиях лаборатории кафедры технологии производства и переработки продукции животноводства ФГБОУ ВО «Алтайский государственный аграрный университет».

Цель исследований – подготовка экспериментальной и теоретической базы для разработки рецептуры коктейлей функционального назначения повышенной пищевой ценности.

В задачи исследований входило:

- 1) обосновать выбор сырья для производства коктейлей;
- 2) разработать рецептуры коктейлей;
- 3) провести оценку готовых образцов коктейлей по органолептическим показателям, физико-химическому составу;
- 4) рассчитать калорийность коктейлей.

Предметом исследования были коктейли, приготовленные на основе овсяного молока с добавлением творога и овсяных хлопьев.

Для приготовления коктейлей было использовано следующее сырье:

- растительное молоко овсяное классическое (растительный продукт) изготовитель

РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУР КОКТЕЙЛЕЙ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

ОАО «Сады Придонья» Волгоградская область;

- творог обезжиренный ГОСТ 31453-2013 «Творог. Технические условия»;

- хлопья классические овсяные «Геркулес» ГОСТ 21149-93 «Хлопья овсяные. Технические условия»;

- какао-порошок «Российский» ГОСТ 108-2014 «Какао-порошок. Технические условия».

Сырье и вспомогательные ингредиенты, входившие в состав композиции, соответствовали требованиям ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» и ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции», ТР ТС 005/2011 «О безопасности упаковки».

В ходе исследований были выработаны 3 вида коктейлей, в каждом виде предложено 2 варианта рецептур. В качестве основного сырья использовали растительный «молочный» напиток, приготовленный из овса, независимо от варианта.

Коктейль № 1 вырабатывали с внесением творога с разным соотношением.

В коктейль № 2 наряду с основным сырьем вносили овсяные хлопья.

Коктейль № 3 состоял из овсяного молока и в разных соотношениях творог и овсяные хлопья.

После разработки рецептуры и изготовления коктейлей была проведена дегустационная оценка проектируемых образцов. Органолептические показатели оценивали с помощью условной балльной шкалы с учетом таких показателей, как запах, вкус, консистенция и цвета, а также профильного мето-

да путем построения профилограмм этих показателей [4, 6].

Пищевую ценность коктейлей определяли расчетным методом, с учетом содержания компонентов в используемом сырье и массы внесения. Расчет проведен по таким пищевым компонентам, как жир, белок и углеводы.

При расчете энергетической ценности проектируемого продукта были использованы общепринятые коэффициенты энергетической ценности макронутриентов, а именно для белка и углеводов 4 ккал/1г и для жиров 9 ккал/1г.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В качестве основы для разработки рецептур коктейлей было выбрано овсяное молоко. В рецептуры в разных объемах вносили овсяные хлопья, которые являются продуктом, содержащим большое количество белков, калия, магния, железа, витаминов группы В и углеводов.

Творог является самым популярным кисломолочным продуктом, это полноценный животный белок. Если сравнить состав творога и протеинового порошка, то можно отметить их достаточно четкое совпадение. Минимум жиров и углеводов, максимум белка. Пачка творога массой 180 г содержит от 30 до 36 грамм белка, примерно столько же содержится в одной мерной ложке протеинового изолята [2].

Какао-порошок формируют у коктейля органолептические показатели, такие как вкус, запах и цвет.

Пищевая ценность основных видов сырья представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Пищевая ценность сырья

Table 1 – Nutritional value of raw materials

Наименование показателя	Молоко овсяное	Творог	Овсяные хлопья
Массовая доля жира, %	1,5	1,8	7
Массовая доля белка, %	1	18	13
Массовая доля углеводов, %	6,5	3,3	60

Из данных состава используемого сырья для изготовления коктейлей можно отметить, что наибольшая доля жиров 7 % и углеводов 60 % содержится в овсяных хлопьях, а массовая доля белка 18 % в твороге.

Для разработки технологии производства коктейлей были составлены 3 варианта напитка, каждый вырабатывали по двум ре-

цептурам. Во всех образцах основой служило овсяное молоко, которое брали массой 100 граммов. В коктейль № 1 вносили творог, в разном объеме, в коктейль № 2 вносили овсяные хлопья и в коктейль № 3 вносили и творог, и овсяные хлопья в разных соотношениях. Рецептуры коктейлей представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Рецептуры коктейлей, г.

Table 2 – Formulations of cocktails, g

Сырье	Коктейль № 1		Коктейль № 2		Коктейль № 3	
	Рецептура 1	Рецептура 2	Рецептура 1	Рецептура 2	Рецептура 1	Рецептура 2
Молоко овсяное	100	100	100	100	100	100
Творог	50	100	–	–	25	50
Овсяные хлопья	–	–	50	100	25	50
Какао-порошок	15	15	15	15	15	15
Итого	165	215	165	215	165	215

Таким образом, для разработки рецептур коктейлей было выбрано 3 композиции продукта. Согласно рецептуре, независимо от варианта, основой коктейлей является овсяное молоко; какао-порошок вносили для улучшения вкусовых характеристик. Творог и овсяные хлопья вносили согласно рецептуре. В коктейль № 1 вносили творог, в зависимости от массы вносимого творога было приготовлено 2 варианта. В первом варианте соотношение основного сырья (овсяного молока) и творога 1:0,5 и во втором варианте это соотношение было 1:1.

При составлении коктейля № 2 вносили овсяные хлопья в таких же соотношениях, как и в первом варианте.

В состав 3 варианта входили обезжиренный творог и овсяные хлопья в соотношении 1:0,25:0,25 и 1:0,5:0,5.

Изготовление экспериментальных образцов коктейлей функционального назначения состояло из следующих этапов производства. Приемка сырья начинается с входного контроля, которая включает в себя:

- визуальный осмотр используемого сырья и ингредиентов;
- оценка органолептических показателей.

При проведении оценки сырья обращали внимание на сроки его хранения.

Следующим этапом подогрели овсяное молоко до температуры около 70 °С.

В емкость засыпали овсяные хлопья согласно рецептуре и залили их подогретым молоком. Смесь настояли в течение 5–10 ми-

нут для набухания овсяных хлопьев с целью последующего измельчения.

Для измельчения в блендер внесли в зависимости от варианта рецептуры все ингредиенты, измельчение проводили до кремообразной консистенции.

Таким образом, процесс приготовления нетрудоемкий, занимает небольшой промежуток времени. Вся технологию можно разделить на 3 этапа: приемка сырья, составление смеси и измельчение.

При формировании спроса на тот или иной продукт питания решающую роль играют органолептические показатели [4]. В комплекс показателей, определяющих пищевую ценность готового продукта, входят его органолептические показатели. Во внимание брали такие показатели, как внешний вид, консистенцию, цвет, вкус и запах. Определение показателей проводили через 4 часа после изготовления образцов при температуре 20 °С.

Результаты проведенной органолептической оценки коктейлей представлены в таблице 3.

Проанализировав данные таблицы, можно сделать вывод, что у коктейля № 2 с внесением овсяных хлопьев слишком густая консистенция.

По остальным показателям замечаний не выявлено.

Средние показатели балльной оценки, рассчитанные на основании первичных данных оценки органолептических показателей коктейлей, приведены в таблице 4.

РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУР КОКТЕЙЛЕЙ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Таблица 3 – Органолептические показатели

Table 3 – Organoleptic indicators

Наименование показателя	Характеристика продукта					
	Коктейль № 1		Коктейль № 2		Коктейль № 3	
	1	2	1	2	1	2
Внешний вид	Сформованная коктейльная масса с пеной, равномерно покрытая декорированными ингредиентами, поданная в коктейльные стаканы с трубочкой					
Цвет	Хорошо перемешанная масса, светло-шоколадного цвета					
Консистенция	Достаточно вязкая, устойчивая пена		Слишком густая, устойчивая пена		Достаточно вязкая, устойчивая пена	
Запах и вкус	Свойственные вносимым компонентам, без привкусов и запахов посторонних					

Таблица 4 – Балльная оценка органолептических показателей

Table 4 – Scoring of organoleptic indicators

Наименование показателя	Коктейль № 1		Коктейль № 2		Коктейль № 3	
	Рецептура 1	Рецептура 2	Рецептура 1	Рецептура 2	Рецептура 1	Рецептура 2
Внешний вид	4.67±0.17	4.5±0.2	4.08±0.14	4.17±0.07	4.75±0.08	4.83±0.07
Цвет	4.42±0.14	4.42±0.14	4.17±0.07	4.17±0.07	4.75±0.08	4.5±0.1
Запах	4.67±0.17	4.58±0.24	4.33±0.07	4.33±0.07	4.67±0.07	4.83±0.07
Консистенция	4.5±0.2	4.58±0.04	3.67±0.17	3.83±0.07	4.58±0.14	4.5±0.1
Вкус	4.5±0.2	4.5±0.6	4.17±0.07	4.25±0.08	4.75±0.08	4.5±0.1
Общий балл	22.75±0.88	22.58±2.54	20.42±0.54	20.75±0.08	23.5±0.08	23.17±0.27

Для выявления образца, обладающего наилучшими органолептическими показателями, был построен органолептический профиль (рисунок 1).

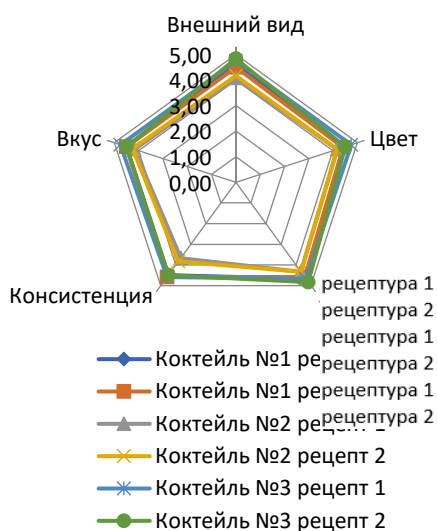


Рисунок 1 – Органолептические профили

Figure 1 – Organoleptic profile

Данные таблицы и рисунка свидетельствуют о том, что коктейли вариантов № 1 и № 3 по органолептическим показателям набрали более высокие баллы.

Самые низкие баллы по дегустации были у коктейлей № 2, дегустаторы отмечали слишком густую консистенцию и непривлекательный внешний вид в сравнении с другими коктейлями.

В целом, по результатам потребительских свойств и дегустационной оценке, можно отметить, что коктейли всех вариантов были оценены от 4 до 5 баллов, за исключением консистенции 2 варианта. Однако необходимо отметить, что больший суммарный балл набрал коктейль № 3, приготовленный на основе растительного «молока», творога и овсяных хлопьев, в то время как наименьшее количество баллов за органолептические показатели были у продукта, приготовленного на основе растительного «молока» и овсяных хлопьев.

В полученных экспериментальных образцах коктейлей функционального назначения рассчитали содержание основных компонентов. Результаты представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Пищевая ценность коктейлей

Table 5 – Nutritional value of cocktails

Наименование показателя	Коктейль № 1		Коктейль № 2		Коктейль № 3	
	Рецептура 1	Рецептура 2	Рецептура 1	Рецептура 2	Рецептура 1	Рецептура 2
Массовая доля жира, %	1,84±0,01	1,89±0,01	3,54±0,01	4,44±0,01	2,08±0,01	3,16±0,01
Массовая доля белка, %	6,92±0,02	9,7±0,01	5,29±0,01	7,25±0,01	5,54±0,01	8,47±0,02
Массовая доля углеводов, %	6,46±0,02	5,94±0,01	25,0±0,02	33,73±0,02	11,8±0,01	19,84±0,01

Полученные данные позволяют сделать следующие выводы. Введение в состав проектируемого продукта творога значительно повышает содержание белка. Так, высокое содержание белка было отмечено в коктейле № 1, второго варианта (при добавлении 100 г творога) 9,7 %, что больше на 2,78 (при внесении 50 г творога) и на 4,41 – 2,45 % вариант коктейля № 2 с добавлением овсяных хлопьев.

Овсяные хлопья увеличивают содержание углеводов в коктейле. Так, большее содержание углеводов приходится на коктейль № 2 от 25 (при внесении 50 г хлопьев) до 33,73 % (при внесении 100 г овсяных хлопьев). При внесении в коктейль овсяных хло-

пьев содержание углеводов в продукте можно увеличить на 19,06–27,79 % в зависимости от объема овсяных хлопьев.

Необходимо отметить, что содержание жира в образцах продукта находилось на уровне 1,84–4,4 %.

Энергетическую ценность определяли расчетным путем по формуле:

$$\mathcal{E} = B \times 4 + Ж \times 9 + У \times 4,$$

где \mathcal{E} – энергетическая ценность, ккал;

B – массовая доля белка, %;

Ж – массовая доля жира, %;

У – массовая доля углеводов.

Результаты расчетов представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Энергетическая ценность, ккал

Table 6 – Energy value, kcal

Наименование показателя	Коктейль № 1		Коктейль № 2		Коктейль № 3	
	Рецептура 1	Рецептура 2	Рецептура 1	Рецептура 2	Рецептура 1	Рецептура 2
Жир	16,56	17,01	31,86	39,96	18,72	28,44
Белок	27,68	38,8	21,16	29,00	22,16	33,88
Углеводы	25,84	23,76	100	134,92	47,2	79,36
Всего	70,08	79,57	153,02	203,88	88,08	138,68

В ГОСТ Р 55577-2013 «Продукты пищевые специализированные и функциональные. Информация об отличительных признаках и эффективности» приведены требования при оценке пищевой (энергетической) ценности коктейлей как источника белка. В соответствии с этим документом пищевой продукт является источником белка, только при условии, если, по крайней мере, 12 % энергетической ценности пищевого продукта обеспечивается белком, для продукта с высоким содержанием этот показатель должен составлять 20 %. Проведем анализ соответствия предлагаемых образцов коктейлей, так к продуктам с высоким содержанием белка отно-

сятся предлагаемые коктейли № 1 и № 3, соответственно этот показатель составил 39; 48,8; 25 и 24 % в зависимости от рецептуры. Это предлагаемые коктейли, в состав которых входит творог. Предлагаемая композиция коктейля № 2 (рецептура 1 и 2) относится к пищевым продуктам, который является источником белка [5].

С учетом содержания основных компонентов и органолептических показателей установлено, что при приготовлении коктейлей рекомендуются варианты 1 и 3. Данные коктейли можно рекомендовать всем категориям, в том числе этот продукт будет полезен

для студентов, так как он обладает высокой пищевой ценностью.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, проектирование рецептурных вариантов будет способствовать оптимизации содержания в рационе белковых и углеводных компонентов, а также обогащать продукт биологически активными веществами, содержащимися в растительно-животном комплексе. На основании проведенных исследований можно заключить, что лучшими органолептическими характеристиками обладает коктейль, приготовленный на основе растительного напитка с внесением творога и творога с овсяными хлопьями.

Коктейли можно рекомендовать для повседневного употребления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анализ современных тенденций в области производства продуктов питания для людей, ведущих активный образ жизни (часть 1) / Л.Г. Елисеева [и др.] // Пищевая промышленность. 2017. № 1. С. 16–19.
2. Анализ рынка спортивного питания в России в 2015–2019 гг., оценка влияния коронавируса и прогноз на 2020–2024 гг. URL: <https://bisnesstat.ru>.
3. Анисимова Л.В., Солтан О.И.А. Стойкость при хранении овсяной муки, полученной разными способами / Ползуновский вестник. 2017. № 4. С. 14–20.
4. ГОСТ 31986-2012. Услуги общественного питания. Метод органолептической оценки качества продукции общественного питания: утвержден и введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 27 июня 2013. № 196-ст: дата введения 2015-01-01. Москва : Стандартинформ, 2012. 12 с.
5. ГОСТ Р 55577-2013 Продукты пищевые специализированные и функциональные. Информация об отличительных признаках и эффективности: национальный стандарт Российской Федерации: издание официальное: введен впервые: введен 2015-01-01 / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. М. : Стандартинформ, 2014. 27 с.
6. ГОСТ ISO 6658-16 Органолептический анализ. Методология. Общее руководство = Sensory analysis. Methodology. General guidance: межгосударственный стандарт ГОСТ ISO 6658-2016: введен впервые: введен 2017-07-01: издание официальное. / Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации // Тех эксперт: информационно-справочная система / Консорциум «Кодекс».
7. Егорова Е.Ю. «Немолочное молоко»: обзор сырья и технологий // Ползуновский вестник. 2018. № 3. С. 25–34.

8. Козубаева Л.А. Применение конопляной муки при производстве кексов // Ползуновский вестник. 2021. № 1. С. 27–33. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.01.004.

9. Кузнецова М.А., Савкина Н.В., Тихомирова Т.А. Правильное питание при занятиях спортом // Наука. 2019. № 4 (29).

10. Новокшанова А.Л. Разработка научных принципов создания продуктов спортивного питания на основе молочного сырья : дис. ... д-ра техн. наук: 05.18.15. М., 2019. 487 с.

11. Яковлева Д.П., Перфильева Е.В., Гетманец В.Н. Производство различных видов «растительного молока». В сборнике: Исследования и разработки ученых и студентов для АПК Сибири, Казахстана и Узбекистана. Сборник материалов Международной научно-практической конференции и IX региональной научно-практической конференции, посвященных 70-летию Алтайского НИИ сельского хозяйства и 50-летию Алтайского селекционного центра. 2020. С. 268–272.

Информация об авторе

В. Н. Гетманец – кандидат с.-х. наук., доцент Алтайского государственного аграрного университета, доцент кафедры технологии производства и переработки продукции животноводств.

REFERENCES

1. Eliseeva, L.G. (2017). Analysis of modern trends in the field of food production for people leading an active lifestyle (part 1). *Pishchevaya promyshlennost' .Food industry*, (1), 16-19. (in Russ).
2. Analysis of the sports nutrition market in Russia in 2015-2019, assessment of the impact of coronavirus and forecast for 2020-2024. (2020). Retrieved from <https://bisnesstat.ru>. (in Russ).
3. Anisimova, L.V. & Soltan, O.I.A. (2017). Storage stability of oat flour obtained by different methods. *Polzunovskiy Vestnik*, (4), 14-20. (in Russ).
4. Catering services Method of organoleptic assessment of the quality public catering products. (2012). HOST 31986-2012.from 1 January 2015. Moscow: Standards Publishing House. (In Russ.).
5. State Standard R 55577-2013. (2014). Specialized and functional food products. Characteristics and Efficiency Information. Moscow: Standartinform, , 27 p. (in Russ).
6. Organoleptic analysis. Methodology (access mode: for authorization).(2017). HOST 6658-16 from 1 Jule 2017. Moscow: Standards Publishing House. (in Russ).
7. Egorova, E.Yu. (2018). Non-dairy milk: an overview of raw materials and technologies. *Polzunovskiy vestnik*, (3), 25-34. (in Russ).
8. Kozubaeva, L.A. (2021). Application of hemp flour in the production of muffins. *Polzunovskiy vestnik*, 1, 27–33. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.01.004.

9. Kuznetsova, M.A., Savkina, N.V. & Tikhomirova, T.A. (2019). Proper nutrition in sports. *Nauka*, No. 4 (29). (in Russ).

10. Novokshanova, A.L. (2019). Development of scientific principles for the creation of sports nutrition products based on milk raw materials. Doctor's thesis. Moscow. (in Russ.).

11. Yakovleva, D.P., Perfilieva, E.V. & Getmanets, V.N. (2020). Production of various types of "vegetable milk". In the collection: *Research and development of scientists and students for the agro-industrial complex of Siberia, Kazakhstan and Uzbekistan. Collection of materials of the International Scientific and Practical Conference and the IX Regional*

Scientific and Practical Conference dedicated to the 70th anniversary of the Altai Research Institute of Agriculture and the 50th anniversary of the Altai Breeding Center. 268-272. (in Russ).

Information about the author

V. N. Getmanet – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Altai State Agricultural University, Professor of Department of Technology of production and processing of live-stock products

Статья поступила в редакцию 18.07.2021; одобрена после рецензирования 17.09.2021; принята к публикации 21.09.2021.

The article was received by the editorial board on 18 June 21; approved after editing on 17 Sep 21; accepted for publication on 21 Sep 21.



Научная статья

05.18.15 – Технология и товароведение пищевых продуктов и функционального и специализированного назначения и общественного питания (технические науки)

УДК 664.314

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.03.018

ИССЛЕДОВАНИЕ ЖИРНО-КИСЛОТНОГО СОСТАВА НЕКОТОРЫХ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ И ИХ КУПАЖЕЙ

Екатерина Юрьевна Вольф¹, Виктория Михайловна Козырева²,
Инна Владимировна Симакова³, Алексей Андреевич Вольф⁴

^{1, 2, 3, 4} Саратовский ГАУ, Саратов, Россия

¹ volftpp@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-1769-2667>

² vika_koz_95@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8947-1006>

³ simakovaiv@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0998-8396>

⁴ alexwolfff@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-2421-1147>

Аннотация. Для создания полноценных рационов необходимо использовать жиры и масла в определенных сочетаниях, благоприятных для организма человека. Для конструирования смесей (купажей) с заданным жирнокислотным составом недостаточно использовать масла, привычные для жителей нашей страны (подсолнечное, кукурузное) и особенно масла, несвойственные: пальмовое, кокосовое, соевое. Необходимо применять масла наиболее адаптогенные, с выраженным фармакологическим действием. В этом аспекте значимыми являются купажи на основе отечественных масличных культур, таких как горчица, расторопша, рыжик, сафлор. Данные купажи являются функциональным продуктом и могут быть рекомендованы для различных групп населения, за исключением индивидуальной непереносимости ингредиентов. Продукция планируется выпускаться на основании технических условий и патента. Объектом исследования являются нерафинированные растительные масла регионального производства: сафлоровое, горчичное, рыжиковое, расторопшное и купажи, полученные из них. Методы исследования: аналитический, расчетно-математический, симплекс-метод, метод газовой хроматографии, моделирование. С использованием симплекс-методики и математического моделирования были рассчитаны на основе литературных данных модели пищевых систем купажей в соотношениях ω -6: ω -3 ПНЖК 3:1 и 5–10:1. Методом газовой хроматографии был исследован жирно-кислотный состав анализируемых масел и их купажей. Проведенный анализ показал несбалансированность кислот в маслах, что еще раз подчеркнуло необходимость их купажирования. Из шести спроектированных купажей только 2 наиболее приближены к рекомендуемым соотношениям ω -6: ω -3 кислот 5–10:1 и 3:1. Обусловлено это может быть сортовыми особенностями перерабатываемого растительного сырья, климатическими условиями выращивания, технологиями получения и переработки масел. В связи с этим при купажировании целесообразно применять дополнительные методики.

Ключевые слова: купажи, сафлоровое масло, рыжиковое масло, масло расторопши, горчичное масло, симплекс-методика, жирно-кислотный состав, омега-3, омега-6, полиненасыщенные жирные кислоты.

Для цитирования: Сравнительный анализ теоретических и экспериментальных данных жирно-кислотного состава некоторых растительных масел и их купажей / Е. Ю. Вольф [и др.]. // Ползуновский вестник. 2021. № 3. С. 131–140 . doi: 10.25712/ ASTU.2072-8921.2021.03.018.

Original article

RESEARCH OF FAT-ACID COMPOSITION OF CERTAIN VEGETABLE OILS AND THEIR BLENDS

Ekaterina Yu. Volf ¹, Victoria M. Kozyreva ², Inna V. Simakova ³, Alexei A. Volf ⁴

^{1, 2, 3, 4} Saratov State Agrarian University, Saratov, Russia

¹ volftpp@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-1769-2667>

² vika_koz_95@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8947-1006>

³ simakovaiv@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0998-8396>

⁴ alexwolfff@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-2421-1147>

Abstract. *To create complete diets, it is necessary to use fats and oils in certain combinations that are favorable for the human body. To create mixtures (cu-pages) with a given fatty acid composition, it is not enough to use oils that are familiar to the inhabitants of our country (sunflower, corn), and especially oils that are unusual - palm, coconut, soy. It is necessary to use the most adaptogenic oils with a pronounced pharmacological effect. In this aspect, blends based on domestic oilseeds such as mustard, milk thistle, camelina, safflower are significant. The object of the research is unrefined vegetable oils of regional production - safflower, mustard, camelina, milk thistle and blends obtained from them. Research methods - analytical, calculation and mathematical, simplex method, gas chromatography method, modeling. Using the simplex technique and mathematical modeling, on the basis of the literature data, models of food systems of blends in the ratios ω -6: ω -3 PUFA 3: 1 and 5-10: 1 were calculated. The fatty acid composition of the analyzed oils and their blends was studied by gas chromatography. The analysis showed the imbalance of acids in oils, which once again emphasized the need for their blending. Of the six designed blends, only 2 are closest to the recommended ratios of ω -6: ω -3 acids 5-10: 1 and 3: 1. This may be due to the varietal characteristics of the processed plant raw materials, climatic conditions of growing, technologies for obtaining and processing oils. In this regard, when blending, it is advisable to use additional techniques.*

Keywords: *blends, safflower oil, ginger oil, milk thistle oil, mustard oil, simplex method, fatty acid composition, omega-3, omega-6, polyunsaturated fatty acids.*

For citation: Volf, E. Yu., Kozyreva, V. M., Simakova, I. V. & Volf, A. A. (2021). Research of fat-acid composition of certain vegetable oils and their blends. *Polzunovskiy vestnik*, (3), 131-140. (InRuss.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.03.018.

ВВЕДЕНИЕ

Поволжье является одним из лидеров по выращиванию и переработке малоиспользуемого, но ценного масличного сырья, такого как семена горчицы, рапса, рыжика, сафлора, обладающего функциональным потенциалом и фармакологическими свойствами, определяющими их противоопухолевые и бактерицидные свойства, стимулирующие работу пищеварительной, сердечно-сосудистой, эндокринной и респираторной систем, повышение иммунного статуса организма. Однако каждый жир в отдельности (из используемых в питании) не удовлетворяет в полной мере всем тем требованиям, которые предъявляются в настоящее время к пищевому жиру для здорового питания. Поэтому для создания полноценных рационов необходимо использовать жиры и масла в опреде-

ленных сочетаниях в купажированном виде, благоприятных для организма человека. Для создания смесей (купажей) с заданным жирнокислотным составом недостаточно использовать масла, привычные для жителей нашей страны (подсолнечное, кукурузное) и особенно масла, несвойственные: пальмовое, кокосовое, соевое. Необходимо применять масла наиболее адаптивные, с выраженным фармакологическим действием [1, 2].

В этом аспекте значимыми являются купажи на основе отечественных масличных культур, таких как горчица, рапс, рыжик, сафлор.

Цель исследования – экспериментальное исследование жирнокислотного состава некоторых растительных масел и их купажей и сопоставление полученных данных с литературными.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЖИРНО-КИСЛОТНОГО СОСТАВА НЕКОТОРЫХ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ И ИХ КУПАЖЕЙ

Объектом исследования являются нерафинированные растительные масла регионального производства: сафлоровое, горчичное, рыжиковое, расторопшное и купажи, полученные из них.

Сафлоровое масло характеризуется высоким содержанием полиненасыщенных жирных кислот, в частности линолевой кислоты (до 80 %); значительным количеством витамина Е (гамма-токотриенола и альфа-токоферола), витамина К, витамина F, производных серотонина [3].

Рыжиковое масло обладает обширным диапазоном лечебного действия в связи с тем, что оно имеет бактерицидное, противовоспалительное, противоопухолевое, ранозаживляющее, противоглистное свойства. Нерафинированное рыжиковое масло характеризуется содержанием большого количества природных антиоксидантов, в частности витамина Е (40–120 мг %), что обуславливает его стойкость к процессам окисления. Входящий в состав рыжикового масла провитамин А, как и витамин Е, необходим для правильного эмбрионального развития, для полноценного развития растущего детского организма и его эффективной защиты. Масло рыжика содержит до 90 % полиненасыщенных жирных кислот. Стоит отметить, что рыжиковое масло считают аналогом витамина F, который не может синтезироваться в тканях организма [4]. Эффективность применения рыжикового масла доказана в лечебно-профилактическом питании, при лечении сердечно-сосудистых заболеваний, заболеваний желудочно-кишечного тракта.

Расторопшное масло обладает выраженными лечебно-профилактическими свойствами и широко применяется при лечении многих заболеваний, а также для повышения иммунитета. Значимую роль в составе масла играет экстракт расторопши – флаволигнан (силимарин). Это вещество способствует восстановлению функций печени, в том числе повышению защитной способности клеток печени от проникновения токсичных веществ [5].

Горчичное масло обладает сильным острым ароматом, что обусловлено содержанием аллилизотиоцианата, образующегося в результате ферментативного гидролиза тиогликозидасинегрина. Масло является источником биологически активных фитостеролов, способствующих снижению уровня холестерина и улучшению оболочек клеток кожи. Горчичное масло содержит биологически активные вещества фитонциды, органические соединения: изотиоцианаты, синегрин, зеле-

ный пигмент – хлорофилл, эфирное масло. Представленные вещества обладают противоопухолевыми и бактерицидными свойствами, а в совокупности эти вещества способны стимулировать работу пищеварительной, сердечно-сосудистой, эндокринной и респираторной систем [6].

Купажи масел, сбалансированные по ω -6: ω -3 ПНЖК в соотношении 3:1:

- Сафлоровое + рыжиковое + расторопшное масла;
- Сафлоровое + рыжиковое + горчичное масла;
- Сафлоровое + расторопшное + горчичное масла.

Купажи масел, сбалансированные по ω -6: ω -3 ПНЖК в соотношении 5–10:1:

- Сафлоровое + рыжиковое + расторопшное масла;
- Сафлоровое + рыжиковое + горчичное масла;
- Сафлоровое + расторопшное + горчичное масла.

Методы исследования: аналитический, расчетно-математический, симплекс-метод, метод газовой хроматографии, моделирование.

На первом этапе исследований был определен жирнокислотный состав применяемых масел, из семян, выращенных в Нижнем и Среднем Поволжье, исходя их усредненных литературных данных, указанных в таблице 1. Погрешность метода: при содержании искомым веществ менее 5 %–0,28 %; равном или более 5 %–1,42 %.

С целью более точного изучения жирнокислотного состава полученных купажей было проведено лабораторное исследование по ГОСТ Р ИСО 5508-2010 [7] (колонка СВР20–50 50 м x 0,22 мм x 0,15 мкм; программа температур: 1 мин при 50 °С – 15 °С/мин – 170 °С – 10 °С/мин – 22 мин при 250 °С; объем пробы 3 мкл; температура инжектора 270 °С; делитель потока 1:25, продувка 2 мл/мин; газ-носитель азот 20 см/с; детектор ДИП: 280 °С, водород 40 мл/мин, воздух 200 мл/мин, азот 25 мл/мин) после приготовления метиловых эфиров согласно ISO 5509:2000.

Настоящий стандарт устанавливает общие требования определения качественного и количественного состава смеси метиловых эфиров жирных кислот, подготовленных в соответствии с методом ИСО 5509, газовой хроматографией с применением набивной и/или капиллярной колонок.

Отбор пробы проводился по ГОСТ 5471-83 [8].

Для проведения анализа использовался хроматограф газовый лабораторный с пламенно-ионизационным детектором и программированием температуры, термостатом на температуры не ниже 200 °С, с испарителем на температуры не ниже 300 °С

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Имеющиеся литературные данные о жирнокислотном составе анализируемых растительных масел показывают их несбалансированность и доказывают необходимость их купажирования.

Купажирование – это процесс соединения вместе исходных продуктов (материалов) и вкусовых добавок в определенных соотношениях. Производство купажей продукции часто преследует цель повышения вкусовых качеств и биологической ценности путем обогащения конечного продукта полезными веществами.

Создание купажей элитных масел: сафлорового, горчичного, рыжикового, расторопшевого, – сложный многогранный процесс. При проведении купажирования следует учитывать главным образом жирнокислотный состав исходных масел, также количественный и качественный состав биологически активных соединений: токоферолов, стеролов, фосфолипидов, каротиноидов и др. Следовательно, для получения жирового продукта с повышенной биологической ценностью необходимо провести работу по подбору сбалансированной по количеству и оптимальной по соотношению полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК) жировой основы исходных продуктов.

С использованием симплекс-методики и математического моделирования были рассчитаны на основе литературных данных модели пищевых систем купажей в необходимых соотношениях ω -6: ω -3 ПНЖК 3:1 и 5–10:1 (таблицы 1 и 2).

Таблица 1 – Проект купажей нерафинированных растительных масел с соотношением ω -6: ω -3 ПНЖК 3:1

Table 1 – Draft blends of unrefined vegetable oils with a ratio of ω -6: ω -3 PUFA 3:1

Исходные масла	Купаж № 1, %	Купаж № 2, %	Купаж № 3, %
Сафлоровое масло	40,0	40,0	2,0
Рыжиковое масло	40,0	30,0	–
Расторопшечное масло	20,0	–	3,0
Горчичное масло	–	30,0	95,0

Таблица 2 – Проект купажей нерафинированных растительных масел с соотношением ω -6: ω -3 ПНЖК 5–10:1

Table 2 – Draft blends of unrefined vegetable oils with a ratio of ω -6: ω -3 PUFA 5-10:1

Исходные масла	Купаж № 4, %	Купаж № 5, %	Купаж № 6, %
Сафлоровое масло	50,0	65,0	30,0
Рыжиковое масло	13,5	10,0	–
Расторопшечное масло	36,5	–	11,0
Горчичное масло	–	25,0	59,0

Однако получение этих купажей проводилось на основе литературных данных и имеющегося в настоящее время опыта.

Следовательно, необходимо провести лабораторное исследование жирнокислотного состава исследуемых масел и полученных

купажей и определить соотношение кислот ω -6: ω -3.

Полученные в ходе анализа литературные и экспериментальные данные представлены на рисунках 1–4.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЖИРНО-КИСЛОТНОГО СОСТАВА НЕКОТОРЫХ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ И ИХ КУПАЖЕЙ



Рисунок 1 – Сравнение экспериментальных и литературных данных жирнокислотного профиля сафлорового масла

Figure 1 – Comparison of experimental and literature data on the fatty acid profile of safflower oil

Из рисунка 1 следует, что количество линолевой кислоты экспериментально найдено больше (на 3,84 %), чем представлено в литературных данных; в свою очередь, количество линоленовой кислоты значительно меньше (на 55 %), чем приведено в литературных данных; эйкозодиеновой кислоты по литературным данным больше (на

97,5 %), чем установлено экспериментально; экспериментально определено содержание эйкозатриеновой кислоты в сафлоровом масле, когда в литературных данных о ней сведения отсутствуют; содержание арахидоновой кислоты не найдено в ходе лабораторного исследования, как и докозадиеновой и докозагексаеновой кислот.



Рисунок 2 – Сравнение экспериментальных и литературных данных жирнокислотного профиля рыжикового масла

Figure 2 – Comparison of experimental and literary data of the fatty acid profile of ginger oil

Как видно из рисунка 2, количество линолевой кислоты экспериментально найдено больше (на 18,2 %), чем представлено в литературных данных; в свою очередь, количество линоленовой кислоты значительно меньше (на 25,3 %), чем указано в литературных источниках; эйкозодиеновой кислоты

по литературным данным больше (на 65,5 %), чем найдено экспериментально; содержание эйкозатриеновой, арахидоновой кислоты не найдено в ходе лабораторного исследования, как и докозадиеновой и докозагексаеновой кислот.

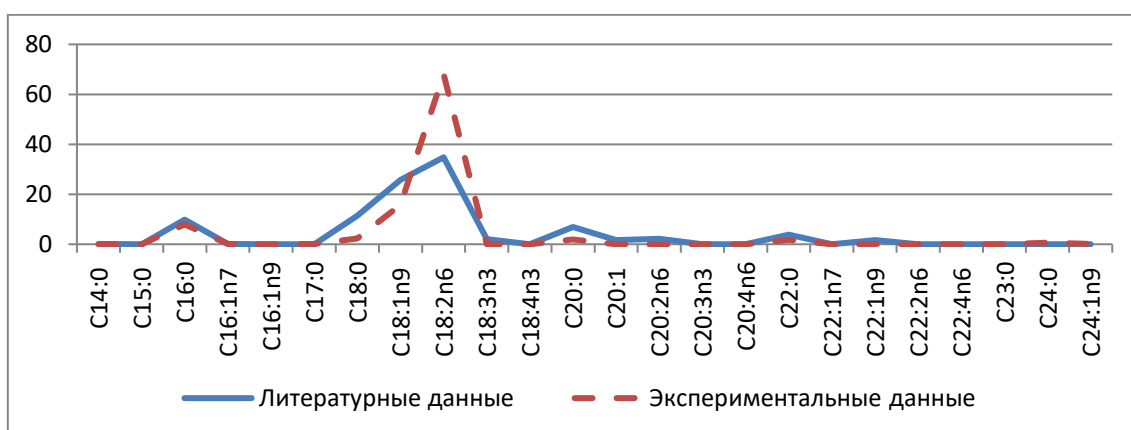


Рисунок 3 – Сравнение экспериментальных и литературных данных жирнокислотного профиля масла расторопши

Figure 3 – Comparison of experimental and literature data on the fatty acid profile of milk thistle oil

Из представленных данных на рисунке 3 следует, что количество линолевой кислоты экспериментально найдено больше (на 95,4 %), чем приведено в литературных источниках; в свою очередь, количество линоленовой кислоты экспериментально не найдено, как и содержание эйкозодиеновой; эксперимен-

тально определено содержание эйкозатриеновой кислоты в масле расторопши, когда в литературных данных о ней сведений нет; арахидоновой кислоты не найдено в ходе лабораторного исследования; экспериментально обнаружены докозадиеновая и докозагексаеновая кислоты.

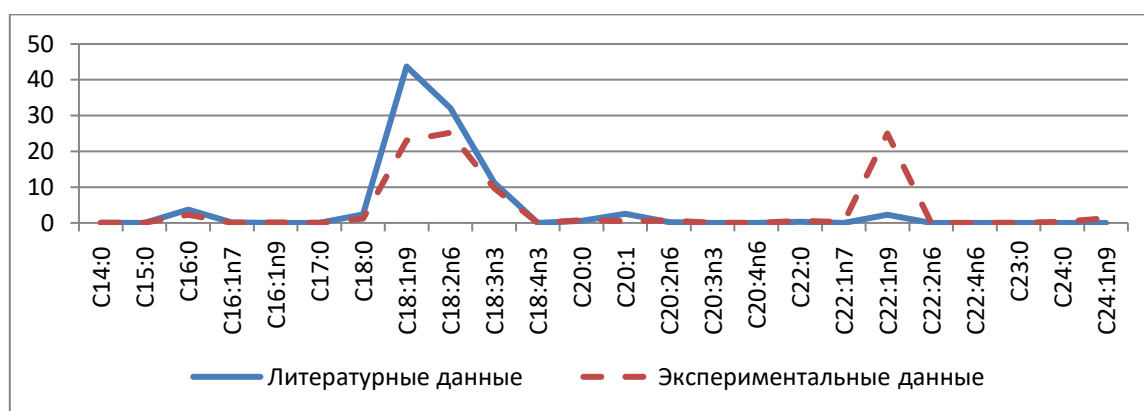


Рисунок 4 – Сравнение экспериментальных и литературных данных жирнокислотного профиля масла расторопши

Figure 4 – Comparison of experimental and literature data on the fatty acid profile of milk thistle oil

Из профиля жирнокислотного состава экспериментальных и литературных данных, представленных на рисунке 4, видно, что количество линолевой кислоты экспериментально найдено меньше (на 23,4 %), чем приводится в литературных данных; в свою очередь, количество линоленовой кислоты значительно меньше (на 13,4 %), чем описано в литературных источниках; эйкозодиеновой кислоты по литературным данным меньше (на 330 %), чем найдено экспериментально;

экспериментально определено содержание эйкозатриеновой кислоты в масле горчицы, когда в литературных данных о ней данных нет; содержание арахидоновой кислоты не найдено в ходе лабораторного исследования, как и докозадиеновой и докозагексаеновой кислот. Таким образом, содержание кислот группы ω -6 в несколько раз превышает количество ω -3 кислот в маслах, что подчеркивает несбалансированность жирнокислотного состава и говорит о необходимости их ку-

ИССЛЕДОВАНИЕ ЖИРНО-КИСЛОТНОГО СОСТАВА НЕКОТОРЫХ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ И ИХ КУПАЖЕЙ

пажирования. Также следует отметить, что экспериментальные данные дают больший спектр определяемых кислот, чем приводятся в научной литературе.

Лабораторному анализу были подвержены полученные купажи нерафинированных растительных масел. На рисунке 5 видно, что

из шести спроектированных купажей только 2 наиболее приближены к рекомендуемым соотношениям ω -6: ω -3 кислот 5–10:1 и 3:1. Стоит отметить, что, составляя купажи на основе литературных данных, не всегда возможно достичь рекомендуемого соотношения ПНЖК [9].

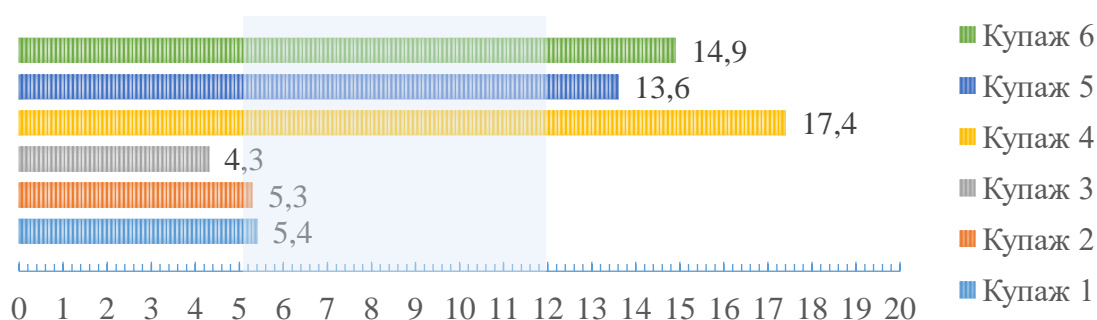


Рисунок 5 – Зона попадания в заданное соотношение

Figure 5 – The zone of falling into the specified ratio

Таким образом, содержание кислот группы ω -6 в несколько раз превышает количество ω -3 кислот в маслах, что подчеркивает несбалансированность жирнокислотного состава и говорит о необходимости их купаживания. Также следует отметить, что экспериментальные данные дают больший спектр определяемых кислот, чем приводятся в научной литературе.

Обусловлено это может быть сортовыми особенностями перерабатываемого растительного сырья, климатическими условиями выращивания, технологиями получения и переработки масел, анизотропностью свойств.

ОБСУЖДЕНИЕ

Многочисленные исследования зарубежных ученых показывают, что диета, богатая незаменимыми жирными кислотами омега-3: омега-6, может оказывать многочисленные положительные эффекты при различных хронических состояниях [10]. Стоит отметить, что зарубежными учеными проводятся исследования в рамках изучения влияния купаженных масел на организм. Например, группа ученых из Канады [11] проводила клинические исследования купажей (смесь имбиря, лаванды, мяты и мяты курчавой) на послеоперационные состояния, связанные с тошнотой и рвотой. Учеными Brochot A, Guilbot A, Haddioui L, Roques C. в 2017 году проводились исследования антибактериальных, противогрибковых и противовирусных

эффектов трех смесей растительных масел. Как правило, объектами исследования зарубежных ученых выступают масла, являющиеся адаптогенными для их региона, например, смесь амазонских масел и жиров: масло пракакси, масло маракуйи, жир купуасу и пальмовый стеарин [12] или смесь оливкового, подсолнечного и кресс-салатного масел [13]. В нашей стране учеными предлагаются пищевые модели купаженных жиров, сбалансированных по омега-3: омега-6 жирнокислотному составу [14–17]. Однако в этих смесях, как правило, присутствует льняное масло, наиболее сильно подверженное окислительным изменениям, приводящим к возникновению токсичных продуктов окисления жиров. Такие смеси не являются хранимоспособными и могут негативно повлиять на здоровье [18].

Группа авторов из Египта и Польши для смешивания использовали масла холодного отжима рисовых отрубей и рапсовое масло, смешивание проводилось методом пропорции в соотношениях 5, 10 и 20 % [19].

Группа авторов из Ирана и Новой Зеландии провели обзор физико-химического, питательного и оздоровительного эффектов растительных масел полученными методами модификаций и смешивания. Авторы установили, что при смешивании двух и более масел улучшается масляная стабильность ПНЖК [20].

Авторами из Украины было проведено купаживание подсолнечного, тыквенного,

льняного и рыжикового масел с жирорастворимыми витаминами (токоферолом и β -каротином). В соответствии с особенностями купажируемых масел, как обогащающие ингредиенты, использовались жирорастворимые витамины Е (токоферол) и β -каротин, которые являются не только физиологически важными компонентами для организма человека, но и активными природными антиоксидантами. Установлено, что добавление 0,2 % раствора β -каротина в количестве 3,75 г и 1 % раствора токоферола 2,5 г обеспечивают 30 % суточной потребности этих витаминов. Подтверждена целесообразность совместного использования токоферола и β -каротина, что позволяет стабилизировать окисления и увеличить период индукции в 1,5–2 раза [21].

Авторами Р.Т. Тимаковой и Ю.В. Ильяхиной предложено купажирование масла подсолнечного рафинированного дезодорированного вымороженного «Премиум» и масла оливкового нерафинированного класса «Экстра» в соотношении 70:30. Это обеспечивает высокую потребительскую ценность в качестве салатного масла и позволяет управлять качественными характеристиками полученного купажируемого масла в результате оптимизации жирнокислотного состава за счет нерафинированного оливкового масла, богатого омега-9 жирными кислотами, и оптимального соотношения омега-6 и омега-3 жирных кислот (в 2,5 раза по сравнению с подсолнечным маслом). Добавление в купажируемое масло масляного раствора витамина D3 с активностью 50000 М.Е./мл способствует повышению биологической ценности масла и обеспечивает до 30 %-ной суточной физиологической потребности в витамине D3 и коррекцию пищевого рациона, способствующего сокращению дефицита витамина в организме человека при ежедневном употреблении 20 г двухкомпонентного купажируемого растительного масла [22].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время проектирование рецептур, в основном, базируется на математических моделях, которые позволяют оптимизировать подход, но не учитывают всех факторов изменчивости технологического процесса и сырья. В связи с этим требуется смена подхода к их разработке и включение дополнительных методик. Полученные купажи могут использоваться всеми возрастными группами здорового населения, включая детей, для поддержания баланса ω -3, ω -6 в организме человека. Функциональность данного

продукта экспериментально подтверждена, однако разработанные купажи отличаются вкусовыми свойствами, поэтому их использование зависит от гедонических предпочтений потребителя.

Стоит отметить, что от получения сырья до конечного потребления купажей, включая этапы хранения и реализации, имеется высокая степень возможного окисления и загрязнения на всех стадиях «жизненного цикла» продуктов. В связи с этим в настоящее время авторы разрабатывают схему производственного контроля растительных масел и купажей из них. Результаты данной работы будут опубликованы в ближайшем времени в открытой печати.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Simakova I., Volf E., Strizhevskaya V., Popova O., Kozyreva V., Karagulova E. Blends of unrefined vegetable oils for functional nutrition // *Agronomy Research*. 17 (4), 1761–1768. 2019.
2. Volf E., Simakova I., Perkel R., Mukhamedzhanova Yu., Bolotova N. The safety study of the fat component in adapted infant formula. International Conference on Efficient Production and Processing (ICEPP-2020), Prague, Czech Republic, Edited by Smyatskaya, J.; E3S Web of Conferences, Volume 161, id.01110.
3. Разработка инновационной технологии производства сафлорового масла / С. Алтайулы, А. Шагирова, М. Муратхан, Н. Байгазов : сборн. статей VII Междунар. науч.-техн. конф., посвященной 90-летию со дня рождения засл. деятеля науки РФ, проф. Зубченко А.В. / Воронеж. гос. ун-т инж. технол. Воронеж : ВГУИТ, 2018. С. 105–109.
4. Новое в технологии купажируемых растительных масел : монография / А.Н. Остриков, В.Н. Василенко, Л.Н. Фролова, М.В. Копылов. Воронеж. гос. ун-т инж. технол. Воронеж : ВГУИТ, 2013. С. 225.
5. Сокольская Т.А. Комплексная переработка плодов расторопши пятнистой и создание на ее основе препарата «силимар» // *Химико-фармацевтический журнал*. 2000. № 4. С. 27–30.
6. Обухова Л.А. Растительные масла в питании : сравнительный анализ : сборник научных материалов по оздоровительной продукции фирмы «Дэльфа». Н. : ГУ НИИ КиЭЛ, 2013. С. 193.
7. ГОСТ Р ИСО 5508-2010. Животные и растительные жиры и масла. Определение метиловых эфиров жирных кислот (FAME) газовой хроматографией. УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29 декабря 2010 г. N 1150-ст. Дата введения 2012-07-01.
8. ГОСТ 32190-2013 «Масла растительные. Правила приемки и методы отбора проб». ПРИНЯТ Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 7 июня 2013 г. N 43). Дата введения 2014-07-01.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЖИРНО-КИСЛОТНОГО СОСТАВА НЕКОТОРЫХ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ И ИХ КУПАЖЕЙ

9. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации : метод. рекомендации ; МР 2.3.1.0253-21. Официальное издание. М.: Роспотребнадзор, 2021, 72 с.

10. Oliver C., Watson H. Omega-3 fatty acids for cystic fibrosis. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2016, Issue 1. Art. No. : CD002201. DOI: 10.1002/14651858.CD002201.pub5. Accessed 29 June 2021.

11. Man A., Santacroce L., Jacob R., Mare A. & Man L. (2019). Antimicrobial Activity of Six Essential Oils Against a Group of Human Pathogens: A Comparative Study. *Pathogens (Basel, Switzerland)*, 8(1), 15. <https://doi.org/10.3390/pathogens8010015>.

12. Bezerra C.V., Rodrigues A.M.D.C., de Oliveira P.D., da Silva D.A., da Silva L.H.M. Technological properties of amazonian oils and fats and their applications in the food industry. *Food Chemistry*. 2017 Apr;221:1466-1473. DOI: 10.1016/j.foodchem.2016. 11.004.

13. Nehdi I.A., Hadj-Kali M.K., Sbihi H.M., Tan C.P., Al-Resayes S.I. Characterization of Ternary Blends of Vegetable Oils with Optimal ω -6/ ω -3 Fatty Acid Ratios. *J Oleo Sci*. 2019;68(11):1041-1049. doi: 10.5650/jos.ess19111. PMID: 31695014.

14. Способ получения растительного масла и белкового продукта из смеси семян подсолнечника, льна и расторопши ; пат. РФ № 2558448; заявл. 03.06.2014, опуб. 10.08.2015.

15. Масло растительное особое на основе смеси семян льна, кунжута и расторопши с соотношением ПНЖК омега-3 и омега-6 (1:6-1:8) и способ его получения; пат. РФ № 2402912, заявл. 28.05.2009, опуб. 10.10.2010.

16. Масло растительное особое на основе смеси семян льна, кунжута и расторопши с соотношением ПНЖК омега-3 и омега-6 (1:1,4-1:1,6) и способ его получения; пат. РФ №2402911, заявл. 28.05.2009, опуб. 10.10.2010.

17. Масло растительное особое на основе смеси семян льна, кунжута и расторопши с соотношением ПНЖК омега-3 и омега-6 (1:3-1:4) и способ его получения). № 2402913 .пат. РФ № 2402912, заявл. 28.05.2009, опуб. 10.10.2010.

18. Симакова И.В., Перкель Р.Л., Куткина М.Н. Воловей А.Г. Биологическая оценка безопасности фритюрных жиров в клиническом эксперименте на животных // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. 2014. № 8. С. 57–62.

19. Abdel-razek Adel, Hassanein Minar, Rudzińska Magdalena, Ratusz Katarzyna & Siger Aleksander. (2014). Blending of some vegetable oils for achieving more bioactive phytonutrients components and oxidative stability. Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/320130773_Blending_of_some_vegetable_oils_for_achieving_more_bioactive_phytonutrients_components_and_oxidative_stability. doi: 10.13140/RG.2.2.21494.29762.

20. Hashempour Fataneh, Torbati Mohammadali, Azadmard-Damirchi Sodeif & Savage Geoffrey. (2016). Vegetable Oil Blending: A Review of Physicochemical, Nutritional and Health Effects. *Trends in Food Science & Technology*. 57. 10.1016/j.tifs.2016.09.007. Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/308392352_Vegetable_Oil_Blending_A_Review_of_Physicochemical_Nutritional_and_Health_Effects.

21. Kotliar Ye., Topchiy O., Kyshenia A., Polumbryk M., Garbazyh K., Lanzhenko L., Bogdan M., Yasko V. & Honcharenko T. (2018). Разработка технологии витаминизированных купажируемых растительных масел и их идентификация по жирнокислотному и витаминному составу. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*, 3 (11 (93)), 32–43. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-tehnologii-vitaminizirovannyh-kupazhirovannyh-rastitelnyh-masel-i-ih-identifikatsiya-po-zhirnokislotnomu-i-vitaminnomu>.

22. Тимакова Р.Т., Ильюхина Ю.В. Формирование функциональной ценности купажируемых растительных масел с d-витаминной активностью // ТППП АПК. 2020. № 3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/formirovanie-funktsionalnoy-tsennosti-kupazhirovannyh-rastitelnyh-masel-s-d-vitaminnoy-aktivnostyu> (дата обращения: 15.06.2021).

Информация об авторах

Е. Ю. Вольф – кандидат технических наук, доцент кафедры «Технологии продуктов питания» ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова».

В. М. Козырева – магистр 2 года обучения кафедры «Технологии продуктов питания» ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова».

И. В. Симакова – доктор технических наук, профессор кафедры «Технологии продуктов питания» ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова».

REFERENCES

1. Simakova, I., Volf, E., Strizhevskaya, V., Popova, O., Kozyreva, V., Karagulova, E. (2019). Blends of unrefined vegetable oils for functional nutrition. *Agronomy Research* 17 (4), 1761-1768.

2. Volf, E., Simakova, I., Perkel, R., Mukhammedzhanova, Yu., Bolotova, N. (2020). The safety study of the fat component in adapted infant formula. *International Conference on Efficient Production and Processing (ICEPP-2020)*, Prague, Czech Republic, Edited by Smyatskaya, J. ; E3S Web of Conferences, Volume 161, id. 01110.

3. Altayuly, S., Shagirova, A., Muratkhan, M. & Baigazov, N. (2018). Development of an innovative technology for the production of safflower oil / S. Altayuly // Collection. Articles VII Int. scientific and technical conf., dedicated to the 90th anniversary of the birth honored. Scientist of the Russian Federation, prof. A.V. Zubchenko. Voronezh: VGUIT, 105-109. (In Russ).

4. Ostrikov, A.N., Vasilenko, V.N., Frolova, L.N. & Kopylov, M.V. (2013). New in the technology of blending vegetable oils: monograph. Voronezh: VGUIT. (In Russ).

5. Sokolskaya, T.A. (2000). Complex processing of milk thistle fruits and creation of the drug "silimar" on its basis. *Pharmaceutical Chemistry Journal*, (4), 27-30. (In Russ).

6. Obukhova, L.A. (2013). Vegetable oils in food: a comparative analysis. *Collection of scientific materials on the*

health-improving products of the company "Delfa", N. : GU NII KIEL. (In Russ).

7. Animal and vegetable fats and oils. Determination of fatty acid methyl esters (FAME) by gas chromatography. (2010). *HOST R ISO 5508-2010*. Moscow: Standards Publishing House. (In Russ.).

8. Vegetable oils. Acceptance rules and sampling methods. (2014). *HOST 5471-83*. Moscow: Standards Publishing House. (In Russ.).

9. 14. Norms of physiological needs for energy and nutrients for various population groups of the Russian Federation: method. Recommendations (2021). *MP 2.3.1.0253-21*. Official publication. Moscow: Rospotrebnadzor. (In Russ).

10. Oliver, C. & Watson, H. (2016). Omega-3 fatty acids for cystic fibrosis. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, (1), CD002201. DOI: 10.1002 / 14651858.CD002201.

11. Man, A., Santacroce, L., Jacob, R., Mare, A., & Man, L. (2019). Antimicrobial Activity of Six Essential Oils Against a Group of Human Pathogens: A Comparative Study. *Pathogens (Basel, Switzerland)*, 8 (1), 15. <https://doi.org/10.3390/pathogens8010015>.

12. Bezerra, C.V., Rodrigues, A.M.D.C., Oliveira, P.D., Silva, D.A. & Silva, L.H.M. (2017). Technological properties of amazonian oils and fats and their applications in the food industry. *Food Chemistry*. (221), 1466-1473. DOI: 10.1016 / j.foodchem.2016.11.004.

13. Nehdi, I.A., Hadj-Kali, M.K., Sbihi, H.M., Tan, C.P. & Al-Resayes, S.I. (2019). Characterization of Ternary Blends of Vegetable Oils with Optimal ω -6 / ω -3 Fatty Acid Ratios. *J Oleo Sci* 68 (11), 1041-1049. doi: 10.5650 / jos.ess19111. PMID: 31695014.

14. Vasilenko, V.N., Frolova, L.N., Kopylov, V.I., Dragagan, M.V. & Rusina, K.Yu. (2015). Method of obtaining vegetable oil and protein product from a mixture of sunflower seeds, flax and milk thistle. Pat. 2558448. Russian Federation, published on 10.08.2015. (In Russ).

15. Prozorovskaya, N.N., Guseva, D.A., Shironin, A.V., Sanzhakov, M.A., Tikhonova, E.G. & Ipatova, O.M. (2010). Special vegetable oil based on a mixture of flax, sesame and milk thistle seeds with a ratio of omega-3 and omega-6 PUFAs (1: 6-1: 8) and a method for its production. Pat. 2402912. Russian Federation, published on 10.10.2010. (In Russ).

16. Prozorovskaya, N.N., Guseva, D.A., Shironin, A.V., Sanzhakov, M.A., Tikhonova, E.G. & Ipatova, O.M. (2010). Special vegetable oil based on a mixture of flax, sesame and milk thistle seeds with a ratio of omega-3 and omega-6 PUFAs (1: 1.4-1: 1.6) and a method for its production. Pat. 2402911. Russian Federation, published on 10.10.2010. (In Russ).

17. Prozorovskaya, N.N., Guseva, D.A., Shironin, A.V., Sanzhakov, M.A., Tikhonova, E.G. & Ipatova, O.M. (2010). Special vegetable oil based on a mixture of flax, sesame and milk thistle seeds with a ratio of omega-3 and omega-6

PUFAs (1: 3-1: 4) and a method for its production). Pat. 2558448. Russian Federation, published on 10.10.2010. (In Russ).

18. Simakova, I.V., Perkel, R.L., Kutkina, M.N. & Volovey, A.G. (2014). Biological assessment of the safety of deep-frying fats in a clinical experiment on animals. *Bulletin of the Saratov State Agrarian University named after N. I. Vavilov*, (8), 57-62. (In Russ).

19. Abdel-razek, Adel, Hassanein, Minar, Rudzińska, Magdalena, Ratusz, Katarzyna & Siger, Aleksander. (2014). Blending of some vegetable oils for achieving more bioactive phytonutrients components and oxidative stability. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/320130773_Blending_of_some_vegetable_oils_for_achieving_more_bioactive_phytonutrients_components_and_oxidative_stability. doi: 10.13140/RG.2.2.21494.29762.

20. Hashempour, Fataneh, Torbati, Mohammadali, Azadmard-Damirchi, Sodeif & Savage, Geoffrey. (2016). Vegetable Oil Blending: A Review of Physicochemical, Nutritional and Health Effects. *Trends in Food Science & Technology*. 57. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/308392352_Vegetable_Oil_Blending_A_Review_of_Physicochemical_Nutritional_and_Health_Effects. doi: 10.1016 / j.tifs.2016.09.007.

21. Kotliar, Ye., Topchiy, O., Kyshenia, A., Polumbryk, M., Garbazyh, K., Lanzhenko, L., Bogdan, M., Yasko, V. & Honcharenko, T. (2018). Development of technology for fortified blended vegetable oils and their identification by fatty acid and vitamin composition. *Eastern European Journal of Advanced Technologies*, 3 (11 (93)), 32-43 Retrieved from <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-tehnologii-vitaminizirovannyh-kupazhiroannyh-rastitelnyh-masel-i-ih-identifikatsiya-po-zhimokislomnomu-i-vitaminnomu>. (In Russ).

22. Timakova, P.T., Ilyukhina, Yu.V. (2020). Formation of the functional value of blended vegetable oils with d-vitamin activity. *TPPP APK* (3). Retrieved from <https://cyberleninka.ru/article/n/formirovanie-funktsionalnoy-tsennosti-kupazhiroannyh-rastitelnyh-masel-s-d-vitaminnoy-aktivnostyu>. (In Russ).

Information about the authors

E. Yu. Volf – Candidate of Technical Sciences, associate Professor of the Department of Food Technology of Saratov State Vavilov Agrarian University.

V. M. Kozyreva – master of the 2nd year of training of the Department of Food Technology of Saratov State Vavilov Agrarian University.

I. V. Simakova – Doctor of Technical Sciences, Professor of Department of Food Technology of Saratov State Vavilov Agrarian University.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 12.07.2021; одобрена после рецензирования 14.09.2021; принята к публикации 17.09.2021.

The article was received by the editorial board on 12 July 21; approved after editing on 14 Sep 21; accepted for publication on 17 Sep 21.



Научная статья

05.18.15 – Технология и товароведение пищевых продуктов и функционального и специализированного назначения и общественного питания (технические науки)

УДК 613.29

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.03.019

РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУРЫ И ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ПИЩЕВОГО ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНОГО ИНГРЕДИЕНТА С АДАПТОГЕННЫМИ СВОЙСТВАМИ

Ксения Романовна Пискуненко ¹, Владимир Григорьевич Попов ²

^{1,2} Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Россия

¹ kpiskunenکو@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9610-2655>

² popovvg@tyuiu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5902-1768>

Аннотация. Для обеспечения полноценного питания, профилактики заболеваний, увеличения продолжительности и повышения качества жизни населения необходим серийный и массовый выпуск пищевой продукции для здорового питания. К данной продукции относят продукты функционального и специализированного назначения, которые имеют в своём составе полифункциональный ингредиент, обладающий физиологическими свойствами, способный оказывать благоприятное воздействие на определённые системы человеческого организма. В проекте «Стратегия повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года» поставлены основополагающие задачи по возрождению производства пищевых ингредиентов и продвижение принципов здорового питания, а также разработка современных технологий по выпуску пищевой продукции с использованием нетрадиционного растительного сырья на основе биотехнологии. В другом постановлении правительства РФ от 31 декабря 2020 г. № 3684-р поставлена задача по разработке инновационных технологий получения пищевых ингредиентов: пищевых органических кислот, пищевых ферментов, биологически активных веществ и др. Среди различных факторов, оказывающих влияние на здоровье человека, значительную роль оказывает наличие собственных защитных свойств, регулирующих деятельность иммунной системы, отвечающей за адаптацию индивида к внешним факторам, вызванным природно-климатическими условиями, наличием стрессов, качеством и полноценностью рационов. На основании проведённого научно-информационного поиска установили, что разработка рецептур и технологий изготовления полифункциональных ингредиентов с наличием адаптогенных свойств является актуальной задачей. В работе приведены расчёты по нахождению оптимальной массы сконструированного полифункционального ингредиента, которая составила $(12,5 \pm 0,5)$ г. Представлены физико-химические и микробиологические исследования, доказывающие безопасность полифункционального ингредиента на соответствие требованиям ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции», а также СанПиН 2.3.2.1078-01].

Ключевые слова: полифункциональный пищевой ингредиент, листья земляники, плоды черной смородины, плоды шиповника, соевый лецитин, иммунная система, иммунитет.

Для цитирования: Пискуненко К. Р., Попов В. Г. Разработка рецептуры и технологии производства полифункционального ингредиента с адаптогенными свойствами // Ползуновский вестник. 2021. № 3. С.141–146. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.03.019.

Original article

DEVELOPMENT OF FORMULATION AND PRODUCTION TECHNOLOGY FOR POLYFUNCTIONAL FOOD INGREDIENT WITH ADAPTOGENIC PROPERTIES

Ksenia R. Piskunenko ¹, Vladimir G. Popov ²

^{1,2} Tyumen Industrial University, Tyumen, Russia

¹ kpiskunenko@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9610-2655>

² popovvg@tyuiu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5902-1768>

Abstract. To ensure proper nutrition, prevent diseases, increase the duration and improve the quality of life of the population, serial and mass production of food products for healthy nutrition is necessary. These products include functional and specialized products that contain a multifunctional ingredient with physiological properties that can have a beneficial effect on certain systems of the human body. The project «Strategy for Improving the Quality of Food Products in the Russian Federation until 2030 sets» the fundamental tasks of reviving the production of food ingredients and promoting the principles of healthy nutrition, as well as developing modern technologies for the production of food products using non-traditional plant raw materials based on biotechnology [1]. In another decree of the Government of the Russian Federation of December 31, 2020 No 3684-p the task is to develop innovative technologies for the production of food ingredients: food organic acids, food enzymes, biologically active substances, etc. [2]. Among the various factors that affect human health, a significant role is played by the presence of its own protective properties that regulate the activity of the immune system, which is responsible for the individual's adaptation to external factors caused by natural and climatic conditions, the presence of stress, the quality and usefulness of diets. Based on the conducted scientific and information search, it was established that the development of formulations and manufacturing technologies for multifunctional ingredients with adaptogenic properties is an urgent task. The paper presents calculations for finding the optimal mass of the combined polyfunctional ingredient, which was 12.5 ± 0.5 g. Physicochemical and microbiological studies proving the safety of a functional ingredient for compliance with the requirements of TR CU 021/2011 "On the safety of food products", as well as the SanPiN are presented 2.3/2.4.3590-20.

Keywords: polyfunctional food ingredient, strawberry leaves, blackcurrant fruit, rosehip fruit, soy lecithin, immune system, immunity.

For citation: Piskunenko, K. R. & Popov, V. G. (2021). Development of formulation and production technology for polyfunctional food ingredient with adaptogenic properties. *Polzunovskiy vestnik*, (3), 141-146. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.03.019.

ВВЕДЕНИЕ

В Программе фундаментальных научных исследований в РФ на долгосрочный период представлен перечень приоритетных направлений по развитию профилактической медицины, в частности, разработка инновационных технологий, специализированных и функциональных пищевых продуктов, пищевых ингредиентов, направленных на сохранение и укрепление здоровья населения.

Для реализации данных задач необходимы фундаментальные и прикладные исследования по поиску наиболее полноценного сырья, а также конструированию рецептур и технологий получения пищевых полифунк-

циональных ингредиентов, способных при добавлении в пищевые продукты оказывать профилактический эффект для снижения риска развития алиментарно-зависимых заболеваний [2].

Одной из важнейших задач, поставленных перед специалистами, является разработка рецептур и технологий пищевых продуктов, способных при систематическом употреблении повышать адаптационные возможности организма человека, особенно в экстремальных природно-климатических условиях.

Основой адаптационных возможностей является укрепление иммунной системы человека, которая защищает его от любого ге-

РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУРЫ И ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ПИЩЕВОГО ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНОГО ИНГРЕДИЕНТА С АДАПТОГЕННЫМИ СВОЙСТВАМИ

нетически чужеродного вторжения: микробов, вирусов, простейших или клеток собственного организма.

Главным условием укрепления иммунной системы является своевременное, рациональное и сбалансированное питание [3].

В современных условиях население испытывает повышенные интеллектуальные, физические и стрессовые нагрузки, для купирования которых необходимы полноценные витаминно-минеральные комплексы, способные восстанавливать энергетические, белково-жировые и углеводные затраты.

Цель исследования заключается в научном обосновании рецептуры и технологии производства пищевого полифункционального ингредиента с адаптогенными свойствами на основе сибирского растительного сырья.

Задача исследования обусловлена поиском нетрадиционного пищевого сырья, способного обеспечить синергизм при конструировании полифункционального ингредиента, способного при добавлении в пищевую продукцию усилить адаптационные возможности потребителей продукции при систематическом употреблении, снижать риски алиментарно-зависимых заболеваний. Научно доказать безопасность продукции и медико-биологическими исследованиями доказать благоприятное физиологическое воздействие.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Исследования в области профилактики и укрепления адаптационных возможностей человека проводились и продолжают вестись учеными всего мира.

Многие исследования, проведенные в этой области, показали, что адаптогены способны повысить физическую и умственную выносливость, защитить от воздействия радиации, снизить частоту инфекций.

Состав растительных адаптогенов включает в себя следующие нутриенты: витамины С, Е, β-каротин и минеральные вещества (магний, железо, селен и цинк).

Для конструирования полифункционального пищевого ингредиента использовали данные о химическом составе и пищевой ценности пищевого растительного сырья Западной Сибири. В результате сделали выбор в пользу листьев земляники, плодов шиповника и черной смородины.

Листья земляники содержат в себе 15 компонентов, которые обладают повышенным антиоксидантным действием: галловая кислота, рутин, аскорбиновая кислота,

кверцетин, катехин и др. В основном, антиоксидантную активность проявляют катехин, эллаговая кислота, эпикатехин [4, 5].

Плоды шиповника широко применяются в качестве лекарственного и пищевого компонента. Терапевтический потенциал основан на его антиоксидантном действии, связанном с его фитохимическим составом, который включает аскорбиновую кислоту, фенольные соединения и полезные жирные кислоты. Наличие целого комплекса БАВ позволяет рекомендовать плоды шиповника в качестве общеукрепляющего средства [6, 7]

Плоды черной смородины содержат сахара, кислоты и витамины, особенно много аскорбиновой кислоты. Плоды смородины черной обладают противовоспалительным действием [8], повышают иммунитет и сопротивляемость организма различным заболеваниям [9]. При выборе растительного сырья учитывали место и время сбора.

В рецептуру также были добавлены вспомогательные ингредиенты в виде концентрата соевого лецитина, хлорида кальция, янтарную кислоту и БАД «Селен + Цинк».

Используя программу Excel, разработали рецептуру с оптимальным соотношением ингредиентов и их максимальным выходом, энергетической ценностью, массой 12,5 г (таблица 1).

Таблица 1 – Оптимальная рецептура полифункционального ингредиента

Table 1 – Optimal formulation for a polyfunctional ingredient

Ингредиенты	%
Концентрат соевого лецитина	16,0
Сухой экстракт листьев земляники	16,0
Сухой экстракт плодов черной смородины	11,2
Сухой экстракт плодов шиповника	52,0
БАД «Селен + цинк»	2,4
Янтарная кислота	1,6
Хлорид кальция	0,8
Итого	100,0

Технология приготовления полифункционального ингредиента начиналась с диспергирования концентрата соевого лецитина и воды в течение 5–7 минут при интенсивном перемешивании 2500 оборотов в минуту при температуре 65 °С.

В полученную водно-жировую эмульсию добавляли 10 % хлорид кальция, янтарную кислоту, БАД «Селен + Цинк», а также концентраты плодов черной смородины и ши-

повника и листьев земляники, измельчённых до размера 10–3 мкм.

Полученную массу перемешивали на биореакторе марки «Unic-150-2» в течение 1,5 часов при температуре (110,0±2,0) °С.

Смесь охлаждали до температуры (24,0±1,5) °С, измельчали на мельнице марки «ИР-840» и высушивали в распылительной сушилке марки «Buchi Spray Dryer B-290».

При сушке использовали пищевую до-

бавку Е459 мальтодекстрин для стабилизации и предотвращения слипания готового концентрата в процессе хранения.

Полученные порошкообразные концентраты упаковывали во влагонепроницаемую индивидуальную упаковку.

На основании технологии приготовления полифункционального ингредиента был рассчитан и проанализирован его химический состав (таблица 2) [10].

Таблица 2 – Химический состав полифункционального ингредиента

Table 2 – Chemical composition of a polyfunctional ingredient

Наименование сырья	Концентрат соевого лецитина	Сухой экстракт листьев земляники	Сухой экстракт плодов черной смородины	Сухой экстракт плодов шиповника	БАД «Селен+цинк»	Янтарная кислота	10 % хлорид кальция (CaCl ₂)	Итого	Норма потребления	% от нормы потребления
Масса нетто, г	2,0	2,0	1,4	6,5	0,3	0,2	0,1	12,5		
Пищевая ценность, г										
Белки	0,0	0,014	0,012	0,092	0,0	0,0	0,0	0,12	82,0	0,14
Жиры	2,0	0,007	0,0049	0,04	0,0	0,0	0,0	2,05	97,0	2,12
Углеводы	0,26	0,13	0,089	1,26	0,0	1,5	0,0	2,99	422,0	0,71
ЭЦ, ккал	11,21	0,664	0,498	5,74	0,0	6,5	0,0	24,61	2788	0,88
Витамины, мг										
Е	1,063	0,006	0,0057	0,065	0,0	0,0	0,0	1,14	15,0	7,6
С	0,0	0,54	1,26	19,01	12,0	0,0	0,0	32,81	90,0	36,5
β-каротин	0,0	0,00008	0,0008	0,099	0,0	0,0	0,0	0,099	5,0	2,0
Минеральные вещества, мг										
Mg	0,0	0,311	0,375	0,45	0,0	0,0	0,0	1,135	400,0	0,28
Fe	0,0	0,021	0,0157	0,073	0,0	0,0	0,0	0,11	14,0	0,78
Se	0,0	0,0002	0,00001	0,0	0,027	0,0	0,0	0,027	0,055	49,1
Zn	0,0	0,016	0,0073	0,014	5,76	0,0	0,0	5,79	12,0	48,3
Фосфолипиды, мг										
Фосфолипиды, мг	1620	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1620	6000	27,0

Из таблицы 2 видно, что теоретически полифункциональный ингредиент является функциональным, так как содержит более 15 % суточной нормы витамина С, селена, цинка и фосфолипидов [11].

РЕЗУЛЬТАТЫ

Полифункциональный ингредиент соответствует требованиям ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» и СанПиН 2.3.2.1078-01 «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов».

Результат органолептической оценки рецептуры полифункционального ингредиента представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Органолептические показатели полифункционального ингредиента

Table 3 – Organoleptic parameter of a polyfunctional ingredient

Наименование показателя	Значение показателя
Консистенция	Однородная, гомогенизированная
Цвет	Соответствует входящим компонентам
Вкус и запах	Соответствует входящим компонентам

По содержанию токсичных элементов, пестицидов полифункциональный ингредиент

РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУРЫ И ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ПИЩЕВОГО ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНОГО ИНГРЕДИЕНТА С АДАПТОГЕННЫМИ СВОЙСТВАМИ

соответствует ТР ТС 021/2011. Содержание токсичных элементов в полифункциональном ингредиенте представлено в таблице 4.

Таблица 4 – Содержание токсичных элементов в полифункциональном ингредиенте

Table 4 – The content of toxic elements in a polyfunctional ingredient

Наименование вещества (элемента)		КПФФС
Токсичные элементы	Свинец	Не обнаружено
	Мышьяк	0,03±0,01
	Кадмий	0,04±0,01
	Ртуть	Не обнаружено
Пестициды	Гексахлорциклогексан (α, β, γ-изомеры)	0,001±0,002
	ДДТ и его метаболиты	0,02±0,0015
	Гептахлор	Не обнаружено
	Алдрин	Не обнаружено

Таблица 5 – Микробиологические показатели полифункционального ингредиента

Table 5 – Microbiological indicators of a polyfunctional ingredient

Наименование показателя		НД на методы исследования	КПФФС
КМАФАнМ, КОЕ/г, не более		ГОСТ 10444.15-94	1,0×10 ²
Масса продукта (г), в которой не допускаются	БГКП (колиформы)	ГОСТ 31747-2012	Не обнаружено
	E.coli	ГОСТ 30726-2001	
	S.aureus	ГОСТ 31746-2012	
	Патогенные, в том числе сальмонеллы	ГОСТ 31659-2012	
Дрожжи, КОЕ/г, не более		ГОСТ 10444.12-2013	Не обнаружено
Плесени, КОЕ/г, не более		ГОСТ 10444.12-2013	
V.cereus, КОЕ/г, не более		ГОСТ 10444.8-2013	Не обнаружено

Из таблицы 4 видно, что полученный полифункциональный ингредиент безопасен и не выражает риск отравления токсичными тяжёлыми металлами и пестицидами для организма человека. Это указывает на то, что данный полифункциональный ингредиент можно употреблять в пищу.

Микробиологические показатели полифункционального ингредиента представлены в таблице 5.

По результатам микробиологических исследований можно сделать вывод, что полифункциональный ингредиент возможно использовать в пищевой промышленности при изготовлении функциональных продуктов питания.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанный полифункциональный ингредиент с адаптогенными свойствами, представляет многокомпонентную систему, состоящую из сухих экстрактов листьев земляники, плодов черной смородины и шиповника, янтарной кислоты, 10 % хлорида кальция и биологически активная добавки «Селен + цинк». Введение в ингредиент концентрата соевого лецитина позволяет увеличить срок хранения продукции, а также повысить биодоступность минеральных и биологически активных веществ растительного сырья.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Стратегии повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года : утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 29 июня 2016 года № 1364-р. АО «Кодекс», 2016. 18 с.
2. Распоряжение Правительства РФ «Об утверждении Программы фундаментальных научных исследований в РФ на долгосрочный период (2021-2030 гг.)» : утв. от 31 декабря 2020 г. № 3684-р. Москва, 2020. 149 с.
3. Как укрепить иммунитет при помощи питания : сайт. URL : <http://cgon.rospotrebnadzor.ru/content/ostalnoe/kak-ukrepit-immunitet-pri-pomoshipitaniya> (дата обращения: 05.01.2021).
4. Hannum, S.M. Potential impact of strawberries on human health: a review of the science // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 2004. Vol. 44. № 1. P. 1–17. <https://doi.org/10.1080/10408690490263756>.
5. The Healthy Effects of Strawberry Polyphenols: Which Strategy behind Antioxidant Capacity? / Tamara Y. Forbes-Hernandez [et al.] // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. – 2016. Vol. 56. № 1. P. 46–59.
6. Marmol, I. Therapeutic applications of rose hips from different Rosa Species // Int. J. Mol. Sci. – 2017. Vol. 18. № 6. P. 1137–1174.

<https://doi.org/10.3390/ijms18061137>.

7. Баймуродов, Р.С., Кароматов, И.Д., Нурбобоев, А.У. угли. Шиповник – профилактическое и лечебное средство // Биология и интегративная медицина. 2017. № 10. С. 87–105.

8. Севостьянова, А.Д., Круглов, Д.С. Содержание биологически активных соединений в плодах смородины черной // Медицина и образование в Сибири. 2015. № 4. – 8 с.

9. Мясичева, Н.В., Артемова, Е.Н. Изучение биологически активных веществ ягод черной смородины в процессе хранения // Техника и технология пищевых производств. 2013. № 3. С. 36–40.

10. Скурихин, И.М., Тутельян, В.А. Химический состав российских продуктов питания : справочник. Москва : ДеЛипринт, 2002. 236 с.

11. ГОСТ Р 52349–2005. Продукты пищевые. Продукты пищевые функциональные. Термины и определения : введ. 2006-07-01. Москва, 2005. 8 с.

Информация об авторах

К. Р. Пискуненко – ассистент кафедры товароведения и технологии продуктов питания Тюменского индустриального университета.

В. Г. Попов – доктор технических наук, профессор кафедры товароведения и технологии продуктов питания Тюменского индустриального университета.

REFERENCES

1. Strategies for improving the quality of food products in the Russian Federation until 2030: approved by Order of the Government of the Russian Federation. (2016). No. 1364-r of June 29. 2016. JSC «Codex». (In Russ.).

2. Decree of the Government of the Russian Federation «On Approval of the Program of Basic Scientific Research in the Russian Federation for the Long-term period (2021-2030)». (2020). No. 3684-R from December 31. 2020. Moscow. (In Russ.).

3. How to strengthen the immune system with

food. Retrieved from: <http://cgon.rospotrebnadzor.ru/content/ostalnoe/kak-ukrepit-immunitet-pri-pomoshipitaniya>. (In Russ.).

4. Hannum, S.M. Potential impact of strawberries on human health: a review of the science // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 2004. Vol. 44. № 1. P. 1-17. <https://doi.org/10.1080/10408690490263756>.

5. The Healthy Effects of Strawberry Polyphenols: Which Strategy behind Antioxidant Capacity? / Tamara Y. Forbes-Hernandez [et al.] // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 2016. Vol. 56. № 1. P. 46-59.

6. Marmol, I. Therapeutic applications of rose hips from different Rosa Species // Int. J. Mol. Sci. 2017. Vol. 18. No 6. P. 1137-1174. <https://doi.org/10.3390/ijms18061137>.

7. Baymurodov, R.S., Carromatov, I.D. & Nurboboev, A.U. (2017). Rosehip – a preventive and curative remedy. Biology and Integrative Medicine. (10), 87-105. (In Russ.).

8. Sevostyanova, A.D. & Kruglov, S.D. (2015). The content of biologically active compounds in the fruits of black currant. Medicine and education in Siberia. (4), 8. (In Russ.).

9. Myzishcheva, N.V. & Artemova, E.N. (2013). Study of biologically active substances of black currant berries during storage. Equipment and technology of food production. (3), 36-40. (In Russ.).

10. Skurihin, I.M. & Tutel'yan, V.A. (2002). Chemical composition of Russian food products: Handbook. Moscow: DeLiprint. (In Russ.).

11. Food products. Functional food products. Terms and definitions. (2005). HOST R 52349-2005 from 1 July 2005. Moscow: Standards Publishing House. (In Russ.).

Information about the authors

K. P. Piskunenکو – Assistant, Department of Commodity Science and Food Technology, Tyumen Industrial University.

V. G. Popov – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Commodity Science and Food Technology, Tyumen Industrial University.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 12.07.2021; одобрена после рецензирования 10.09.2021; принята к публикации 17.09.2021.

The article was received by the editorial board on 12 July 21; approved after reviewing on 10 Sep 21; accepted for publication on 17 Sep 21.



Научная статья

05.18.15 – Технология и товароведение пищевых продуктов и функционального и специализированного назначения и общественного питания (технические науки)

УДК 664.68:339.13

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.03.020

АНАЛИЗ КОНКУРЕНТНЫХ ПРЕИМУЩЕСТВ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МУЧНЫХ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ

Ирина Юрьевна Резниченко¹, Андрей Михайлович Чистяков²,
Михаил Сергеевич Щеглов³

^{1, 2, 3} Кемеровский государственный университет, Кемерово, Россия

¹ Irina.reznichenko@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-7486-4704>

² yul48888048@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4513-848X>

³ soonofa@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-5931-3704>

Аннотация. Введение. В работе представлены результаты оценки конкурентных преимуществ функционального мучного кондитерского изделия, обогащенного витаминно-минеральным премиксом. Внедрение новых рецептов и технологий функциональных обогащенных пищевых продуктов, обеспечивающих дополнительное поступление в организм человека витаминов и минеральных веществ, является современным вектором реализации концепции здорового питания населения РФ. Важную роль при продвижении нового продукта на потребительском рынке, наряду с качеством, безопасностью и доказанной функциональной направленностью, имеет конкурентный потенциал, отражающий ключевые свойства товара.

Объекты и методы исследования. Объектами исследования при сравнительной оценке конкурентных преимуществ служили образцы необогащенного овсяного печенья, разработанного овсяного витаминизированного изделия и коммерческий аналог – витаминизированное сахарное печенье. Конкурентные преимущества определяли путем построения многоугольника конкурентоспособности по товарным характеристикам: информативность маркировки, органолептические показатели качества, функциональная направленность продукта, сроки хранения, стандартизация, патентная защита.

Результаты и их обсуждение. Анализ результатов оценки установил, что конкурентные преимущества разработанного витаминизированного овсяного печенья превосходят традиционные изделия по функциональной эффективности, информационной насыщенности, патентной защищенности. Коммерческий аналог также уступает разработанному изделию по информативности, стандартизации и патентной защите.

Выводы. Более высокие критерии положительно сказываются на конкурентных преимуществах товара и позволят предприятию расширить ассортимент выпускаемой продукции и завоевать определенный сегмент регионального рынка обогащенных функциональных мучных изделий.

Ключевые слова: конкурентные преимущества, функциональные кондитерские изделия мучные, витаминизированные, показатели конкурентоспособности, многоугольник конкурентоспособности.

Благодарности: автор выражает признательность коллегам ООО «Кондитер» г. Киселевск.

Для цитирования: Резниченко, И. Ю., Чистяков, А. М., Щеглов, М. С. Анализ конкурентных преимуществ функциональных мучных кондитерских изделий // Ползуновский вестник. 2021. № 3. С. 147–154. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.03.020.

Original article

ANALYSIS OF COMPETITIVE ADVANTAGES OF FUNCTIONAL FLOUR PASTRY PRODUCTS

Irina Yu. Reznichenko ¹, Andrey M. Chistyakov ², Mikhail S. Shcheglov ³

^{1,2,3} Kemerovo State University, Kemerovo, Russia

¹ Irina.reznichenko@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-7486-4704>

² yul48888048@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4513-848X>

³ soonofa@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-5931-3704>

Abstract. *Introduction.* The paper presents the results of assessing the competitive advantages of a functional flour confectionery product enriched with a vitamin-mineral premix. The introduction of new formulations and technologies for functional fortified food products, providing additional intake of vitamins and minerals in the human body, is a modern vector for the implementation of the concept of healthy nutrition for the population of the Russian Federation. An important role in promoting a new product on the consumer market, along with quality, safety and proven functional orientation, has a competitive potential that reflects the key properties of the product.

Objects and research methods. The objects of research in the comparative assessment of competitive advantages were samples of unfortified oatmeal cookies, a developed oat fortified product, and a commercial analogue - fortified sugar cookies. Competitive advantages were determined by constructing a competitiveness polygon in terms of product characteristics: labeling information content, organoleptic quality indicators, product functional orientation, shelf life, standardization, patent protection.

Results and its discussion. The analysis of the evaluation results established that the competitive advantages of the developed fortified oatmeal cookies are superior to traditional products in terms of functional efficiency, information saturation, and patent protection. The commercial analogue is also inferior to the developed product in terms of information content, standardization and patent protection.

Conclusions. Higher criteria have a positive effect on the competitive advantages of the product and will allow the enterprise to expand the range of products and conquer a certain segment of the regional market for enriched functional flour products.

Keywords: competitive advantages, functional confectionery products, flour, fortified, indicators of competitiveness, competitiveness polygon.

Acknowledgements: the author expresses gratitude to the colleagues of LLC "Konditer", Kiselevsk

For citation: Reznichenko, I. Yu., Chistyakov, A. M. & Shcheglov, M. S. (2021). Analysis of competitive advantages of functional flour pastry products. *Polzunovskiy vestnik*, (3), 147-154. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.03.020.

ВВЕДЕНИЕ

Популяризация здорового образа жизни и возрастающий спрос на продукты здорового питания ставят перед производителями задачи по расширению ассортимента продуктов функциональной направленности и освоению инновационных технологий их производства [1–3]. Отмечено, что формирование у широких масс населения стремления к здоровому образу жизни может помочь отечественным производителям продуктов здорового питания закрепиться в нише функционального и

обогащенного питания [4, 5]. Государственные меры поддержки в области здоровья нации, а также международные программы являются фундаментом эффективных и экономических мер по улучшению состояния здоровья и предотвращения болезней населения [6–8]. В рамках реализации концепции здорового питания населения РФ и развития производства функциональных изделий в Кузбассе разработаны рецептуры, подобраны режимы и параметры технологии производства обогащенного печенья из пшеничной и овсяной муки с применением витаминно-

АНАЛИЗ КОНКУРЕНТНЫХ ПРЕИМУЩЕСТВ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МУЧНЫХ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ

минерального премикса «Валетек-8» [9, 10]. Важную роль при продвижении нового продукта на потребительском рынке, наряду с качеством, безопасностью и доказанной функциональной направленностью, имеет конкурентный потенциал, выражающий ключевые свойства товара. Ориентация производства на потребителя и конкурентов, гибкое приспособление к изменяющейся рыночной ситуации, развитие промышленности в условиях информационной экономики требует оценки конкурентоспособности продукции, которая выявляет связь между уровнем конкурентоспособности продукции и качественными и количественными факторами, формирующими конкурентные преимущества [11–13]. Анализ конкурентных преимуществ проводится различными методами, среди которых дифференциальный, комплексный, смешанный и др. Цель метода «многоугольник конкурентоспособности» заключается в оценке шансов продвижения товара на потребительском рынке [14].

Цель исследования – определение конкурентоспособности разработанного обогащенного печенья с применением витаминно-минерального премикса «Валетек-8».

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Объектами исследований являлись образцы овсяного печенья традиционного и разработанного с применением витаминно-минерального премикса «Валетек-8», апробированного в производственных условиях предприятия ООО «Кондитер», г. Киселевск. В качестве коммерческого аналога (образца конкурента) выбрали печенье витаминизированное сахарное традиционное торговой марки «Юбилейное» (изготовитель – Владимирская область, Пушкинский район, г. Покров; производитель г. Собинка), так как овсяное печенье витаминизированное на потребительском рынке Кузбасса не представлено.

В работе применяли методы анализа, систематизации, обобщения. Для определения конкурентоспособности использовали метод «многоугольник конкурентоспособности», позволяющий провести анализ конкурентных преимуществ товара в сравнении с имеющимися образцами эталонами или образцами конкурентами и разработать эффективные мероприятия по повышению уровня конкурентоспособности товара.

При сравнительной оценке ключевых свойств товара для последующей визуализации результатов сравнения в форме много-

угольника использовали нормируемые показатели качества, регламентированные действующими нормативными документами. В качестве характеристик выделяли: информативность маркировки, органолептические показатели качества, функциональную направленность продукта, сроки хранения, стандартизацию и патентную защиту. Каждую характеристику оценивали по 10-балльной шкале, согласно которой самый низкий балл – 1, максимальный – 10.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Факторы, определяющие конкурентоспособность разработанной продукции, приведены на рисунке 1.

К товарным факторам отнесли такие критерии конкурентоспособности обогащенного печенья, как органолептические свойства и функциональную направленность продукта, которые повышают привлекательность и удовлетворенность целевой аудитории [10]. Также важными потребительскими критериями являются сроки хранения товара и эффективность его использования. В данном случае критериями эффективности служат функциональные ингредиенты в продукте и удовлетворение в них суточной потребности организма человека.

К рыночным факторам отнесли наличие товаров заменителей, уровень разнообразия обогащенного печенья, представленного торговыми организациями, количество предприятий-изготовителей.

К ресурсным факторам отнесли особую технологию производства, наличие патентов, наличие технической документации, разработанную систему менеджмента качества на обогащенное печенье. Анализ рыночных факторов показал, что ритейлом г. Кемерово представлен ограниченный ассортимент витаминизированного печенья, в основном это печенье сахарное торговой марки «Юбилейное» различных видов: витаминизированное традиционное, витаминизированное с глазурью, витаминизированное с кусочками клюквы, витаминизированное молочное с глазурью (г. Собинка), цена за упаковку которого 112 г варьирует от 26 до 28 рублей. Печенье овсяное витаминизированное ритейлом Кемерово не представлено.

Анализ ресурсных факторов выявил наличие патента на разработанное обогащенное печенье, технической документации, системы менеджмента качества и адаптированную к производственным условиям технологию производства [15, 16]. Наличие систе-

мы менеджмента качества на предприятии «Большевик» г. Собинска (производитель сахарного печенья «Юбилейное») не выявлено, данная информация на сайте предприятия отсутствует, поисковые системы также такой информации не выдают [17].

Конкурентные преимущества функционального обогащенного овсяного печенья анализировали в сравнении с традиционным, которое являлось базовым образцом и сахарным витаминизированным «Юбилейным», выбранным в качестве коммерческого аналога [18]. Оценку осуществляли по критериям:

информативность маркировки, органолептические показатели качества, функциональная направленность продукта, сроки хранения, стандартизация, патентная защита. Данные критерии выбраны с учетом имеющихся результатов проведенных исследований и показавших свою практическую значимость [19, 20].

Значения ключевых свойств (показателей) разработанного печенья, образца эталона и коммерческого аналога приведены в таблице 1.



Рисунок 1 – Факторы конкурентоспособности

Figure 1 – Competitiveness factors

Таблица 1 – Значения показателей конкурентных преимуществ базового, разработанного продукта и коммерческого аналога

Table 1 – The values of the indicators of the competitive advantages of the base, developed product and commercial analogue

Показатели товара	Значение показателя		
	Базовый продукт (эталон)	Коммерческий аналог	Разработанный продукт (объект)
1	2	3	4
Функциональная направленность продукта			
Белки, г	5,6	8,1	5,9
Жиры, г	17,8	17,0	18,3
Углеводы, г	62,0	67,0	61,0
Пищевые волокна, г	2,10	1,0	2,15
Витамин В1, мг/100г	0,23	0,37/28	0,5
Витамин В2, мг/100г	0,151	0,3/19	0,6

АНАЛИЗ КОНКУРЕНТНЫХ ПРЕИМУЩЕСТВ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ
МУЧНЫХ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ

Продолжение таблицы 1 / Table 1 cont.

1	2	3	4
Витамин В6, мг/100г	0,043	0,52/26	0,6
Витамин В9, мг/100г	0,053	52,5/26	40
Витамин РР, мг/100г	1,7	–	12,77
Кальций, мг/100г	29,0	–	120,0
Железо, мкг/100г	–	4,3/31	6,1
Энергетическая ценность, ккал/100г	434	460	436
Информативность			
Наличие информации в соответствии с требованиями ТР ТС 022/2011	присутствует	присутствует	присутствует
Доступность для прочтения	доступна	Недоступна для прочтения (шрифт кеглем менее 9)	доступна
Информация об отличительных признаках (ГОСТ Р 55577-2013)	отсутствует	отсутствует	Источник витамина В12 и кальция; с высоким содержанием витаминов В1, В2, В6, В9, РР и железа.
Благоприятный эффект при потреблении (ГОСТ Р 55577)	отсутствует	отсутствует	Способствует нормализации энергетического обмена, нормальному функционированию нервной системы, синтезу гемоглобина и миоглобина, транспорта кислорода в организме.
Сроки хранения	90 суток	10 мес.	90 суток
Стандартизация	ГОСТ 24901, ТУ	отсутствует	ТУ, ТИ, РЦ
Патентная защита	отсутствует	отсутствует	Имеется действующий патент РФ [15]

При оценке функциональной направленности учитывали содержание основных пищевых веществ, витаминов и минеральных элементов, а также удовлетворение суточной потребности в них при употреблении обогащенного печенья [20]. Разработанный продукт является дополнительным источником витаминов, железа и кальция. Удовлетворение суточной потребности в витаминах В1, В2, В6 составляет в среднем от 30 до 36 %, РР – 65–68 %, в железе – 33–35 %, в кальции – 10–12 %. Данное обстоятельство позволяет позиционировать разработанное печенье как источник витаминов В1, В2, В6, РР и железа и наносить информацию об отличительных признаках и эффективности продукта на маркировку товара согласно требований ГОСТ Р 55577-2013 [22]. Привлекательным критерием выбора продукта будет служить маркировочная надпись о благоприятном эффекте при его потреблении, что также

отразится на повышении конкурентных преимуществ.

Коммерческий аналог имеет функциональную направленность, выраженную в наличии витаминов В1, В2, В3, В9 и железа. При этом на маркировке указан процент удовлетворения суточной нормы потребления данных витаминов и железа при употреблении 100 г продукта. Удовлетворение суточной потребности в витаминах В1, В6, В9 составляет 26 %, В2 – 19 %, железа – 31 %. Также на маркировке указан процент удовлетворения при употреблении 11,2 г продукта, которое отмечено на маркировке как среднее значение. Учитывая, что масса нетто упаковки составляет 112 г, а в пачке 10 штук изделий, производитель указал процент удовлетворения суточной потребности в основных пищевых веществах при употреблении одного печенья в сутки. Отличительные признаки и эффективность продукта на маркировке не

указаны. Маркировка нанесена на упаковку мелким труднодоступным для прочтения шрифтом, часть информации нанесена на шве и недоступна для прочтения.

При анализе конкурентных преимуществ каждый показатель (характеристику) оценивали по 10 баллов максимально. В случае, если эталон, коммерческий аналог и разработанный объект характеризовались одними и теми же значениями и имели одинаковые по-

казатели, то они получали одинаковые баллы.

При оценке функциональной направленности учли, что у эталона она отсутствует. Информативность характеризовалась 4 позициями, 2 из которых присущи эталону и разработанному изделию (при переводе в баллы учли 50 % от данного показателя), коммерческий аналог из 4 позиций информативности уступает по 3 позициям.

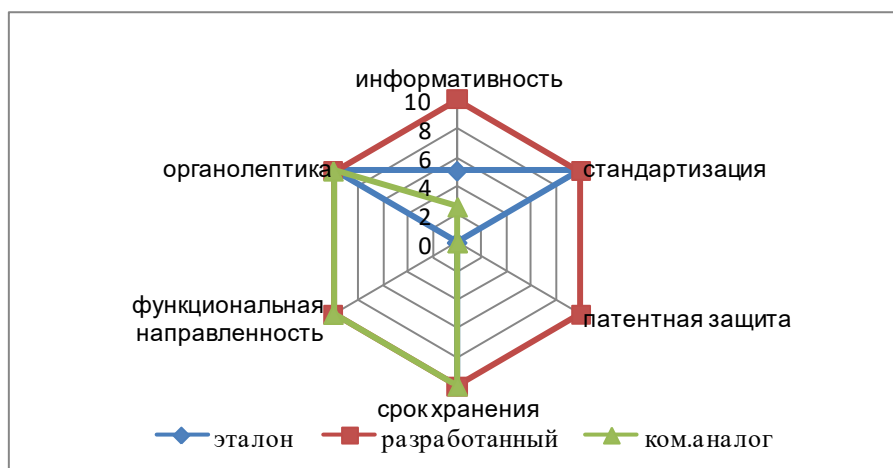


Рисунок 2 – Многоугольник конкурентоспособности

Figure 2 – Competitiveness polygon

Оценка конкурентных преимуществ установила, что разработанный обогащенный продукт в сумме набирает 60 баллов, образец эталон – 35 баллов, уступая по таким критериям, как патентная защита, информативность и функциональная направленность; коммерческий аналог оценивается в 32,5 баллов, уступая разработанному продукту в информативности, патентной защите и стандартизации.

ВЫВОДЫ

Таким образом, анализ полученных данных показывает, что конкурентные преимущества разработанного обогащенного печенья овсяного превосходят эти показатели по сравнению с базовым продуктом на 42 %, по сравнению с коммерческим аналогом – на 46 %. Более высокие критерии функциональной направленности, информативности и патентной защиты положительно сказываются на конкурентных преимуществах товара и позволяют предприятию расширить ассортимент выпускаемой продукции и завоевать опреде-

ленный сегмент регионального рынка обогащенных функциональных мучных изделий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тутельян, В.А., Никитюк, Д.Б., Шарафетдинов, Х.Х. Здоровое питание – основа здорового образа жизни и профилактики хронических неинфекционных заболеваний // *Здоровье молодежи : новые вызовы и перспективы*. 2019. С. 203–227.
2. Гуреев, С.А., Мингазова, Э.Н. К вопросу о международном опыте витаминизации рационов питания и пищевых продуктов как технологии охраны здоровья населения // *Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины*. 2020. Т. 28. № 5. С. 723–728.
3. Сандракова, И.В., Резниченко, И.Ю. Исследование потребителей продуктов здорового питания // *Практический маркетинг*. 2019. № 12 (274). С. 22–27.
4. Гурьянов, Ю.Г., Лобач, Е.Ю. Оценка потребительских предпочтений к новым продуктам функционального назначения // *Ползуновский вестник*. 2012. № 2–2. С. 187–190.
5. Shegelman, I.R., Vasilev, A.S., Shtykov, A.S., Sukhanov, Y.V., Galaktionov, O.N. Food fortification problems and solutions // *Eurasian Journal of Biosciences*. 2019. Т. 13. № 2. P. 1089–1100.

АНАЛИЗ КОНКУРЕНТНЫХ ПРЕИМУЩЕСТВ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МУЧНЫХ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ

6. Государственная политика Российской Федерации в области здорового питания. Режим доступа : URL:<https://uszn-borisogl.e-gov36.ru/its/programma-zdorovogo-pitaniya-dlya-vzroslogo>. (дата обращения 05.05.2021).

7. Здоровое питание. Режим доступа : URL:<https://www.who.int/ru/news-room/factsheets/detail/healthy-diet>. (дата обращения 05.05.2021).

8. Gao, C., Xu, J., Liu, Y. & Yang, Y. Nutrition Policy and Healthy China 2030 Building // *European Journal of Clinical Nutrition*. 2020. P. 1–9.

9. Резниченко, И.Ю., Чистяков, А.М. Особенности внедрения процедур, основанных на принципах ХАССП, для обогащенных мучных кондитерских изделий // *Хранение и переработка сельскохозяй сырья*. 2020. № 1. С. 99–109. DOI: 10.36107/spfr.2020.207.

10. Reznichenko, I.Yu., Chistyakov, A.M., Ustinova, Yu.V., Ruban, N.Yu. Quality management of the enriched flour confectionery with application of the qualimetric analysis // В сборнике: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. 2019. Т. 315. № 2. С. 022006. DOI: 10.1088/1755-1315/315/2/022006.

11. Shpak, N., Seliuchenko, N., Kharchuk, V., Kosar, N., Sroka, W. Evaluation of product competitiveness: A case study analysis // *Organizacija*. 2019. Т. 52. № 2. P. 1259.

12. Kwilinski, A. [et al.]. Mechanism for assessing the competitiveness of an industrial enterprise in the information economy // *Research Papers in Economics and Finance*. 2019. Т. 3. № 1. P. 7–16.

13. Сабетова, Т.В., Шевалдова, Т.В. Изучение и оценка конкурентоспособности продовольственных товаров // *Биотика*. 2017. № 4 (17). С. 12.

14. Гутюм, Т.Г. Разработка алгоритма расчёта конкурентоспособности товаров на внутреннем рынке и его место в классификаторе методов оценки конкурентоспособности. Информация и инновации. 2019; 14(1):59-66. <https://doi.org/10.31432/1994-2443-2019-14-1-59-66>.

15. Резниченко, И.Ю., Чистяков, А.М., Сурков, И.В. Патент на изобретение РФ № 2665618 «Способ обогащения мучных кондитерских изделий витаминно-минеральным премиксом», приоритет о 22.05.2017, опубликовано 03.09.2018, Бюл. № 25.

16. Reznichenko, I.Yu., Borodulin, D.M., Chistyakov, A.M., Ruban, N.Yu., Komarov, S.S. Determination of technological parameters for the production of enriched flour mixtures in a drum mixer // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. С. 012124. DOI: 10.1088/1755-1315/613/1/012124.

17. Россия. Mondelez International, Inc. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ru.mondelezinternational.com/about-us/celi>. (дата обращения 05.05.2021).

18. Сборник рецептов мучных, кондитерских и булочных изделий. URL: <http://www.tsf2000.ru/reseptur.html>. (дата обращения 05.05.2021).

19. Викторова, Е.П., Федосеева О.В., Шахрай, Т.А., Корнен, Н.Н. Конкурентный потенциал функциональных обогащенных хлебобулочных изделий // *Новые технологии*. 2020. Вып. 2 (25). С. 28–39. DOI: 10.244112072-0920.2020.10203.

20. Корнен, Н.Н., Калманович, С.А., Шахрай, Т.А., Викторова, Е.П. Конкурентный потенциал функционального хлебобулочного изделия, обогащенного пищевой добавкой «Яблочная» // *Известия высших учебных заведений. Пищевая технология*. 2020. № 1 (373). С. 106–108. DOI: 10.26297/0579-3009.2020.1.30.

21. Нормы физиологической потребности в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации. Методические рекомендации. М. : Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. 36 с.

22. ГОСТ Р 55577-2013 Продукты пищевые специализированные и функциональные. Информация об отличительных признаках и эффективности. М. : Стандартиформ, 2014. 12 с.

Информация об авторах

И. Ю. Резниченко – д.т.н., профессор, заведующая кафедрой управления качеством «Кемеровский государственный университет».

А. М. Чистяков – аспирант кафедры управления качеством «Кемеровский государственный университет».

М. С. Щеглов – аспирант кафедры управления качеством «Кемеровский государственный университет».

REFERENCES

1. Tutelyan, V.A., Nikityuk, D.B. Sharafetdinov, Kh.Kh. (2019). Healthy nutrition is the basis of a healthy lifestyle and the prevention of chronic non-infectious diseases. *Health of youth: new challenges and prospects*. 203-227. (In Russ.).

2. Gureev, S.A., Mingazova, E.N. (2020). On the issue of international experience in fortifying food rations and food products as a technology for protecting public health. *Problems of social hygiene, health care and history of medicine*. 28 (5). 723-728. (In Russ.).

3. Sandrakova, I.V., Reznichenko, I.Yu. Research of consumers of healthy food products (2019). *Practical marketing*. 12 (274). 22-27. (In Russ.).

4. Guryanov, Yu.G., Lobach, E.Yu. (2012). Assessment of consumer preferences for new functional products. *Polzunovskiy Vestnik*. (2). 187-190. (In Russ.).

5. Shegelman, I.R., Vasilev, A.S., Shtykov, A.S., Sukhanov, Y.V., Galaktionov, O.N. (2019). Food fortification problems and solutions. *Eurasian Journal of Biosciences*. 13 (2). 1089-1100.

6. State policy of the Russian Federation in the field of healthy nutrition. Retrieved from <https://uszn-borisogl.e-gov36.ru/its/programma-zdorovogo-pitaniya-dlya-vzroslogo> (In Russ.).

7. Healthy eating. Retrieved from <https://www.who.int/ru/news-room/factsheets/detail/healthy-diet> (In Russ.).
8. Gao, C.Xu., Liu, J.Y. & Yang, Y. (2020). Nutrition Policy and Healthy China 2030 Building. *European Journal of Clinical Nutrition*. 1-9.
9. Reznichenko, I.Yu., Chistyakov, A.M. (2020). Features of the introduction of procedures based on the principles of HACCP for enriched flour confectionery products. *Storage and processing of agricultural raw materials*. (1). 99-109. (In Russ.). DOI: 10.36107/spfp.2020.207.
10. Reznichenko, I.Yu., Chistyakov, A.M., Ustinova, Yu.V., Ruban, N.Yu. (2019). Quality management of the enriched flour confectionery with application of the qualimetric analysis. *In the collection: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations*. 315(2), 022006. DOI: 10.1088 / 1755-1315 / 315/2/022006.
11. Shpak, N., Seliuchenko, N., Kharchuk, V., Kosar, N., Sroka, W. (2019). Evaluation of product competitiveness: A case study analysis. *Organizacija*. 52 (2). 1259.
12. Kwilinski, A. (2019). Mechanism for assessing the competitiveness of an industrial enterprise in the information economy. *Research Papers in Economics and Finance*. 3(1). 7-16.
13. Sabetova, T.V., Shevaldova, T.V. (2017). Study and assessment of the competitiveness of food products. *Biotics*. 4 (17), 12-13. (In Russ.).
14. Gutyum, T.G. (2019). Development of an algorithm for calculating the competitiveness of goods in the domestic market and its place in the classifier of methods for assessing competitiveness. Information and innovation. 14 (1). 59-66. (In Russ.). <https://doi.org/10.31432/1994-2443-2019-14-1-59-66>.
15. Reznichenko, I.Yu., Chistyakov, A.M., Surkov, I.V. (2018). Method of enrichment of flour confectionery products with a vitamin and mineral premix Pat. 26656 *Russian Federation, published on 03.09.2018*. Bull. No. 25 (In Russ.).
16. Reznichenko, I.Yu., Borodulin, D.M., Chistyakov A.M., Ruban, N.Yu., Komarov, S.S. Determination of technological parameters for the production of enriched flour mixtures in a drum mixer. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2020.S. 012124. DOI: 10.1088 / 1755-1315 / 613/1/012124.
17. Russia. Mondelez International, Inc. Retrieved from <https://ru.mondelezinternational.com/about-us/celi>. (in Russ.).
18. Collection of recipes for flour, confectionery and bakery products. Retrieved from <http://www.tsf2000.ru/receptur.html>. (in Russ.).
19. Viktorova, E.P., Fedoseeva, O.V., Shakhrai, T.A. & Kornen, N.N. (2020). Competitive potential of functional enriched bakery products. *New technologies*. 2 (25). 28-39. (In Russ.). DOI: 10.244112072-0920.2020.10203.
20. Kornen, N.N., Kalmanovich, S.A., Shakhrai, T.A. & Viktorova, E.P. (2020). Competitive potential of a functional bakery product enriched with the food additive "Yabloch-naya" , *News of higher educational institutions. Food technology*. 1 (373). 106-108. (In Russ.) DOI: 10.26297 / 0579-3009.2020.1.30.
21. *Norms of physiological requirements for energy and nutrients for various groups of the population of the Russian Federation. Methodical recommendations* (2009). Moscow: Federal Center for Hygiene and Epidemiology of Rospotrebnadzor. (In Russ.).
22. Specialized and functional food products. Information from distinctive features and efficiency. (2016). HOST P 55577-2013. Moscow: Standards Publishing House. (In Russ.).

Information about the authors

I. Yu. Reznichenko – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Quality Management of Kemerovo State University.

A. M. Chistyakov – post-graduate student of the Department of Quality Management of Kemerovo State University.

M. S. Shcheglov – post-graduate student of the Department of Quality Management of Kemerovo State University.

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare that there is no conflict of interest.*

Статья поступила в редакцию 19.05.2021; одобрена после рецензирования 26.08.2021; принята к публикации 10.09.2021.

The article was received by the editorial board on 19 May 21; approved after reviewing on 26 Aug 21; accepted for publication on 10 Sep 21.



Научная статья

05.18.15 – Технология и товароведение пищевых продуктов и функционального и специализированного назначения и общественного питания (технические науки)

УДК 664.66

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.03.021

КАЧЕСТВО И ПИЩЕВАЯ ЦЕННОСТЬ КОМПОЗИТНЫХ СМЕСЕЙ С ВКЛЮЧЕНИЕМ ПОЛБЫ

Юлия Александровна Бец¹, Ирина Владимировна Панкрашкина²,
Наталья Леонидовна Наумова³

^{1, 2, 3} Южно-Уральский государственный университет (НИУ), Челябинск, Россия

¹ bets.jul@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9572-130X>

² v.lyulkovitch@ya.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2863-0464>

³ n.naumova@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0586-6359>

Аннотация. В сравнении с зерном мягкой пшеницы полба содержит больше белка, редуцирующих сахаров, полиненасыщенных жирных кислот, пищевых волокон, витаминов, минеральных элементов. Целью исследований стала оценка качества и пищевой ценности композитных смесей на основе полбы. Установлено, что композиция «Фитнес микс полба» превалирует по количеству липидов (в 12,5 раз) и белка (на 15,9 %), размер которого составляет 3–5 мкм; отличается повышенным содержанием эссенциальных минеральных элементов – Си и Mg (в 3 раза), Мо, Zn и Mn (в 1,8–1,9 раза), Са и Fe (в 1,6 раза), Si (на 29,8 %), Р (на 20,2 %), витаминов – рибофлавина (в 2,8 раза), тиамина (на 22 %) и токоферола. Смесь «Пшеничная с полбой» превосходит аналог по уровню пищевых волокон (на 60,2 %) и зольности (на 18,7 %). Клейковина этой смеси относится ко II группе качества. Присутствующие белки имеют более крупные размеры – 10–20 мкм. Из минеральных элементов содержится больше условно необходимых и с неустановленной биологической ролью, а именно, Al (в 84,5 раза), Sn (в 4,5 раза), Те (в 2 раза), Ti (в 1,8 раза), Cr и V (в 1,5 раза). Однако смесь «Фитнес микс полба» по фактическому содержанию белка и липидов отклоняется от норм ТУ 10.61.24-093-18256266-2017, смесь «Пшеничная с полбой» – по количеству белка.

Ключевые слова: хлебопекарная промышленность, композитные смеси, полба, качество, пищевая ценность, химический состав.

Для цитирования: Бец, Ю. А., Панкрашкина, И. В., Наумова, Н. Л. Качество и пищевая ценность композитных смесей с включением полбы // Ползуновский вестник. 2021. № 3. С. 155–162. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.03.021.

Original article

QUALITY AND NUTRITIONAL VALUE OF COMPOSITE MIXTURES INCLUDING SPELT WHEAT

Julia A. Betz¹, Irina V. Pankrashkina², Natalia L. Naumova³

^{1, 2, 3} South Ural State University (NIU), Chelyabinsk, Russia

¹ bets.jul@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9572-130X>

² v.lyulkovitch@ya.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2863-0464>

³ n.naumova@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0586-6359>

© Бец, Ю. А., Панкрашкина, И. В., Наумова, Н. Л., 2021

Abstract. In comparison with soft wheat grain, spelt wheat contains more protein, reducing sugars, polyunsaturated fatty acids, dietary fiber, vitamins, and mineral elements. The aim of the research was to assess the quality and nutritional value of spelt wheat composite mixtures. It was found that the composition "Fitness mix spelt wheat" prevails in the amount of lipids (12.5 times) and protein (15.9 %), the size of which is 3-5 micrometers; is characterized by an increased content of essential mineral elements - Cu and Mg (3 times), Mo, Zn and Mn (1.8-1.9 times), Ca and Fe (1.6 times), Si (29.8 %), P (by 20.2 %), vitamins - riboflavin (2.8 times), thiamine (22 %) and tocopherol. The mixture "Wheat with spelt wheat" surpasses its analogue in terms of dietary fiber (by 60.2 %) and ash content (by 18.7 %). The gluten of this mixture belongs to the II quality group. The proteins present are larger - 10-20 micrometers. Of the mineral elements, it contains more conditionally necessary and with an unknown biological role, namely, Al (84.5 times), Sn (4.5 times), Te (2 times), Ti (1.8 times), Cr and V (1.5 times). However, the mixture "Fitness mix spelt wheat" in terms of the actual content of protein and lipids deviates from the norms of TU 10.61.24-093-18256266-2017, the mixture "Wheat with spelt wheat" - in terms of the amount of protein.

Keywords: bakery industry, composite mixtures, spelt wheat, quality, nutritional value, chemical composition.

For citation: Betz, Yu. A., Pankrashkina, I. V. & Naumova, N. L. (2021). Quality and nutritional value of composite mixtures including spelt wheat. *Polzunovskiy vestnik*, (3), 155-162. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.03.021.

ВВЕДЕНИЕ

Актуальным вопросом для хлебопекарной отрасли является производство изделий на основе композитных смесей, применение которых позволит рационально организовать технологический процесс, расширить ассортимент выпускаемой продукции в соответствии с запросами современного потребителя на продукты здорового питания, увеличить срок годности хлебобулочных изделий, снизить риск выпуска некачественной продукции и сделать производство более эффективным [1–5].

Особый интерес представляет выработка изделий повышенной пищевой ценности на основе продуктов переработки зерна полбы в составе композитных смесей. На фоне зерна мягкой пшеницы полба содержит больше белка, редуцирующих сахаров, полиненасыщенных жирных кислот, пищевых волокон, витаминов, минеральных веществ. Аминокислотный состав белка полбы более сбалансирован, при этом белок содержит меньше проламиновой и глютениновой фракций [6–8]. Присутствующие мукополисахариды способствуют укреплению иммунной системы организма человека. Благодаря низкому содержанию клейковины, зерно полбы пригодно для получения продукции, предназначенной для людей, страдающих аллергией на глютен. Мука из полбы характеризуется низкой водопоглощательной способностью и высоким отношением упругости теста к растяжимости. Реологические свойства полбяного теста позволяют использовать его в каче-

стве улучшителя структурно-механических и физико-химических свойств пшеничного теста [9–15]. Крахмал полбы содержит меньше амилозы и больше амилопектина. Применение такого крахмала замедляет процесс черствения хлеба за счет снижения скорости ретроградации крахмальных зерен [7].

Целью исследования стала оценка качества и пищевой ценности композитных смесей на основе полбы.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Материалом для исследований послужили пробы смесей для производства хлебобулочных и мучных кондитерских изделий (ТУ 10.61.24-093-18256266-2017) производства ООО «ИРЕКС» (Россия, Московская обл., г. Люберцы):

– «Фитнес микс полба», содержащая муку полбяную цельнозерновую, ядро подсолнечного семени необжаренное, муку из спельты солодовой карамелизованной, крупу ячменную ячневую, глютен пшеничный, эмульгатор E481, муку пшеничную солодовую, ферментные препараты микробного происхождения, антиокислитель E300. Рекомендуемая производителем дозировка составляет 40 % от массы пшеничной муки.

– «Пшеничная с полбой» следующего состава: мука пшеничная хлебопекарная высшего сорта, отруби полбы, отруби пшеницы диетические, декстроза (глюкоза), мука пшеничная солодовая, экстракт ячменный солодовый, сахар, пищевая добавка (эмульгатор E472e, носители E341iii и E170), глютен

пшеничный, мука пшеничная солодовая обжаренная, регулятор кислотности E263, антиокислитель E300, крахмал пшеничный, ферментные препараты микробного происхождения. Рекомендуемая к использованию дозировка – 100 %.

Содержание влаги определяли по ГОСТ 9404-88, белка – по ГОСТ 10846-81, жира и золы – по МУ 4237-86, пищевых волокон – общепринятым методом [16], витаминов – по МВИ 43-08, минеральных веществ – по МУК 4.1.1482-03 и МУК 4.1.1483-03. Свойства клейковины изучали по ГОСТ 27839-2013. Микроструктуру сырья изучали на растровом

электронном микроскопе [17]. Нормы физиологических потребностей человека в пищевых веществах заимствовали из МР 2.3.1.2432-08.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Высокие уровни закладки исследуемого сырья в рецептуру мучных изделий априори предопределяют их существенную роль в формировании качества и пищевой ценности готовой продукции. В этой связи на первом этапе испытаний были изучены качественные характеристики смесей (таблица 1).

Таблица 1 – Физико-химические показатели и химический состав смесей

Table 1 – Physical and chemical parameters and chemical composition of mixtures

Показатель	Норма по ТУ 10.61.24-093-18256266-2017 для «Фитнес микс полба» и «Пшеничная с полбой»	Результаты испытаний	
		фитнес микс полба	пшеничная с полбой
Массовая доля влаги, %	не более 9 % и 14 % соответственно	6,3 ± 0,4	10,9 ± 0,6
Массовая доля белка (в пересчете на сухое вещество), %	17,7 г/100 г и 10,8 г/100 г соответственно	15,3 ± 0,7 (16,3 ± 0,7)	13,2 ± 0,5 (14,8 ± 0,5)
Массовая доля жира (в пересчете на сухое вещество), %	13,6 г/100 г и 1,5 г/100 г соответственно	18,8 ± 0,9 (20,1 ± 1,0)	1,5 ± 0,1 (1,7 ± 0,1)
Количество клейковины, %	не регламентируется	-	27,1 ± 0,9
Качество клейковины, ед. ИДК		-	35,4 ± 1,1
Содержание пищевых волокон, г/100 г, в т.ч.: растворимых нерастворимых		9,3 ± 0,3	14,9 ± 0,4
		2,4 ± 0,2	4,1 ± 0,3
		6,9 ± 0,3	10,8 ± 0,4
Массовая доля золы в пересчете на сухое вещество, %	1,6 ± 0,1	1,9 ± 0,2	

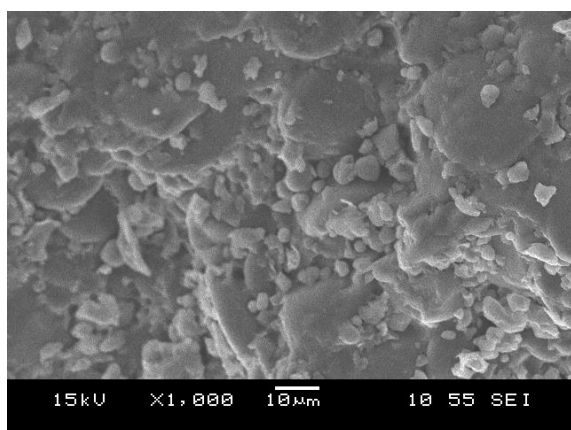
Установлено, что влажность смесей имела значительные различия. Так, композиция «Пшеничная с полбой» по массовой доле влаги в 1,7 раза превосходила смесь «Фитнес микс полба», но при этом соответствовала регламентированным требованиям действующего нормативного документа. Эта же смесь имела и повышенное содержание пищевых волокон (на 60,2 %) и зольность (на 18,7 %) благодаря наличию в своем составе отрубей. Регулярное потребление пищевых волокон способствует профилактике атеросклероза, сахарного диабета, гипертонии [18]. Несмотря на то, что смесь «Фитнес микс полба» содержит пшеничный глютен и превалирует по количеству белка (на 15,9 %), по количеству и качеству клейковины она уступила

аналогу «Пшеничная с полбой». После отмытия клейковины и измерения ее упругоэластических свойств было определено, что она относится ко II группе качества, что позволяет идентифицировать ее как «удовлетворительную крепкую».

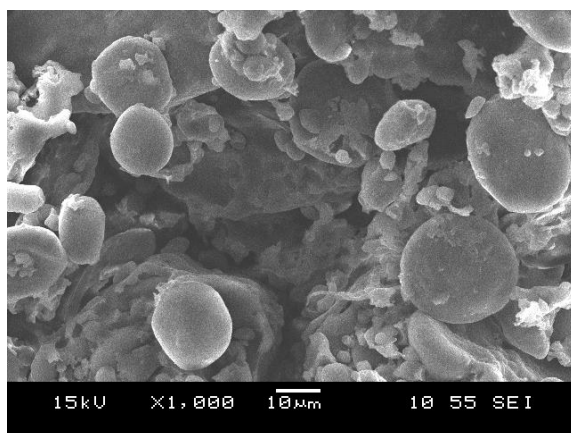
Отличительной особенностью фитнес микса стало относительно высокое содержание липидов (в 12,5 раз больше), что обусловлено присутствием в составе необжаренных ядер подсолнечного семени. Общеизвестно, что в подсолнечном масле преобладают линолевая и олеиновая кислоты [19], потребление которых снижает риск развития сердечно-сосудистых и онкологических заболеваний, повышает функ-

ции иммунной системы, снижает уровень холестерина [20].

С технологической точки зрения растяжимость пшеничного теста зависит от мономерных глиадинов, в то время как глюteniны способствуют эластичности и прочности клейковины [21–23]. В связи с этим определенный интерес представляло изучение микроструктуры мучных смесей с целью выявления возможных различий в белковых субстанциях (рисунок 1).



фитнес микс полба



пшеничная с полбой

Рисунок 1 – Микроструктура смесей (увеличение в 1000 раз)

Figure 1 – Microstructure of mixtures (magnification by 1000 times)

Определено, что в смеси «Фитнес микс полба» белки представлены в общей сложности большим количеством глобул размером 3–5 мкм, в смеси «Пшеничная с полбой» дополнительно обнаружены более крупные белковые структуры размером 10–20 мкм, которые, по-видимому, и участвуют в образовании клейковины. Наличие их обусловлено,

в первую очередь, присутствием в композиции «Пшеничная с полбой» муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта.

На фоне гарантированного производителем количества белков и жиров в смесях их фактическое содержание отличается от заявленных цифр. Так, в сырье «Фитнес микс полба» установленное содержание белка несколько ниже, а липидов – выше нормируемого уровня, в смеси «Пшеничная с полбой», наоборот, количество белка выше, содержание жиров соответствует норме.

Выявленная количественная разница в зольности исследуемых материалов подвигла к дальнейшим испытаниям их минерального состава (таблица 2). Минеральные элементы важны для здоровья человека, так как играют ключевую роль в биохимических и физиологических процессах. В настоящее время ВОЗ считает дефицит минералов в пищевом рационе одной из самых серьезных глобальных проблем [24].

В изучаемом сырье обнаружено более 20 минеральных элементов. При этом более высокие концентрации большинства из них определены в смеси «Фитнес микс полба». Так, из эссенциальных элементов, имеющих важное физиологическое значение, содержится больше Cu и Mg (в 3 раза), Mo, Zn и Mn (в 1,8–1,9 раз), Ca и Fe (в 1,6 раза), Si (на 29,8 %), P (на 20,2 %). В композиции «Пшеничная с полбой» в сравнительном аспекте выявлены повышенные уровни условно необходимых элементов и минералов с неустановленной биологической ролью, а именно, Al (в 84,5 раза), Sn (в 4,5 раза), Te (в 2 раза), Ti (в 1,8 раза), Cr и V (в 1,5 раза), дополнительно установлено присутствие Be и Pb (в пределах нормы ТР ТС 021/2011).

Известно, что в хлебобулочных изделиях, полученных из высокосортной пшеничной муки, содержится недостаточно витаминов группы B, токоферолов, отсутствуют витамины A, C, D [25–27]. Поэтому обеспечение витаминной полноценности мучных изделий, выработанных с применением композитных смесей, имеет особую значимость. Результаты исследований витаминного состава изучаемого сырья представлены в таблице 3.

Определено, что смесь «Фитнес микс полба» выгодно отличается по содержанию рибофлавина (в 2,8 раза) и тиамин (на 22 %), а по уровню токоферола является лидером. Количественные характеристики ретинола и холекальциферола оказались за пределами чувствительности прибора в обоих наименованиях сырья.

Таблица 2 – Минеральный состав смесей

Table 2 – Mineral composition of mixtures

Показатель	Результаты испытаний	
	фитнес микс полба	пшеничная с полбой
Минеральные элементы, мг/кг, в т.ч.:		
Al	0,066±0,004	5,58±0,21
B	2,72±0,07	0,37±0,03
Ba	0,41±0,03	0,35±0,02
Be	–	0,005±0,002
Ca	208,04±9,20	128,07±7,45
Cr	0,15±0,02	0,22±0,02
Cu	5,64±0,33	1,88±0,07
Fe	16,34±0,96	10,42±0,81
Li	4,33±0,30	4,13±0,25
Mg	1208,17±86,44	397,18±18,49
Mn	12,31±0,83	6,52±0,36
Mo	0,35±0,02	0,20±0,01
Na	244,20±17,35	31,83±1,75
P	2969,08±97,67	2470,19±90,33
Pb	–	0,021±0,005
Si	15,91±0,92	12,26±0,87
Sn	0,049±0,003	0,22±0,01
Sr	0,60±0,04	0,33±0,02
Te	1,30±0,05	2,62±0,11
Ti	0,096±0,005	0,17±0,02
V	0,094±0,004	0,14±0,02
W	0,29±0,02	–
Zn	22,20±1,10	12,62±0,90

Таблица 3 – Витаминный состав смесей

Table 3 – Vitamin composition of mixtures

Показатель	Результаты испытаний	
	фитнес микс полба	пшеничная с полбой
Содержание витаминов, мг/кг, в т.ч.:		
B ₁ (тиамин)	0,41±0,03	0,32±0,02
B ₂ (рибофлавин)	0,20±0,02	0,07±0,01
A (ретинол)	0,24±0,03	0,23±0,03
E (токоферол)	233,54±7,47	< 25
D ₃ (холекальциферол)	< 0,5	< 0,5

На заключительном этапе исследований провели сравнительную оценку удовлетворенности взрослого человека в микронутриентах при употреблении в составе хлебобулочных изделий 100 г смесей (рисунок 2).

Выявлено, что смесь «Фитнес микс полба» содержит отдельные микроэлементы (Mn, Cu) в количествах, способных удовлетворить более 50 % от их суточной потребности, а уровень витамина E позволяет покрыть

более 155 % его физиологической потребности. Учитывая значительную разницу в рекомендуемых производителем дозировках применяемого сырья в составе рецептур хлебобулочных и мучных кондитерских изделий, пищевая ценность продукции, приготовленной на смеси «Фитнес микс полба» может быть существенно нивелирована химическим составом пшеничной хлебопекарной муки, вносимой в большем соотношении (60 %).

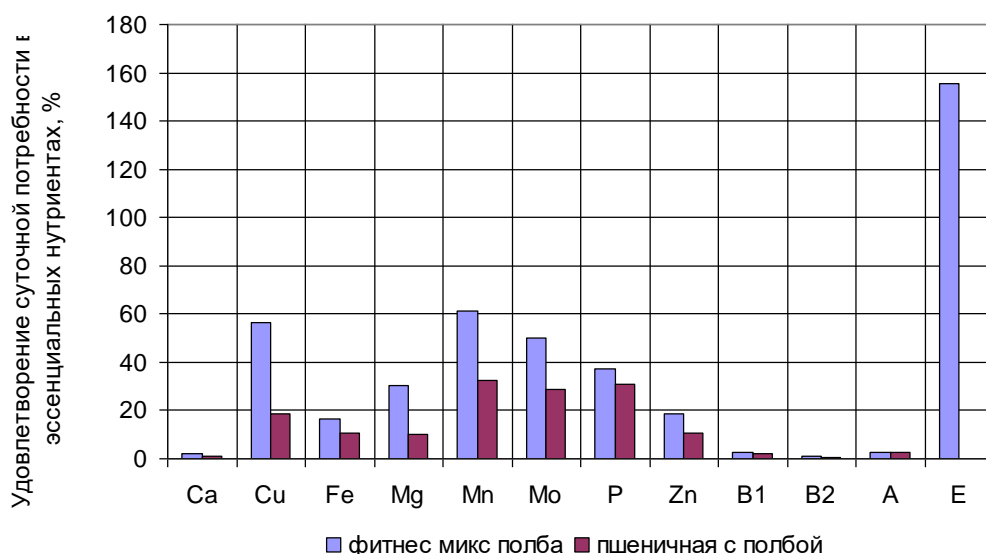


Рисунок 2 – Сравнительная оценка удовлетворенности взрослого человека в микроэлементах при употреблении 100 г смесей

Figure 2 – Comparative assessment of adult satisfaction in micronutrients when using 100 g of mixtures

Смесь «Пшеничная с полбой» может рассматриваться как композиция с высоким содержанием Mg и P, поскольку их количества позволяют удовлетворить более 30 % потребности взрослого человека.

Полученные в ходе экспериментальных исследований результаты, имеют практическую значимость при моделировании качества и пищевой ценности мучных изделий, вырабатываемых из широкого ассортимента сырья по ТУ 10.61.24-093-18256266-2017.

ВЫВОДЫ

Выявлены отличительные особенности в показателях качества, морфологии белковых структур и пищевой ценности смесей на основе полбы.

Композиция «Фитнес микс полба» превалирует по количеству липидов (в 12,5 раз) и белка (на 15,9 %), размер которого составляет 3–5 мкм; отличается повышенным содержанием биологически активных веществ: эссенциальных минеральных элементов – Cu и Mg (в 3 раза), Mo, Zn и Mn (в 1,8–1,9 раз), Ca и Fe (в 1,6 раза), Si (на 29,8 %), P (на 20,2 %), витаминов – токоферола (более, чем в 9 раз), рибофлавина (в 2,8 раза), тиамин (на 22 %).

Смесь «Пшеничная с полбой» превосходит по уровню пищевых волокон (на 60,2 %) и зольности (на 18,7 %). Клейковина этой смеси относится ко II группе качества и характери-

зуется как «удовлетворительная крепкая». Присутствующие белковые структуры имеют более крупные размеры 10–20 мкм. Из минеральных элементов преобладают условно необходимые и с неуставленной биологической ролью, а именно, Al (в 84,5 раза), Sn (в 4,5 раза), Te (в 2 раза), Ti (в 1,8 раза), Cr и V (в 1,5 раза).

Однако в сырье «Фитнес микс полба» фактическое содержание белка оказалось несколько ниже, а липидов – выше уровня, заявленного производителем, в смеси «Пшеничная с полбой», наоборот, количество белка выше, содержание жиров соответствует норме.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хасиев Х.Х., Витавская А.В. Живая пища и зерновой хлеб спасут население планеты. Бишкек : «Салам», 2015. 432 с.
2. Разработка хлебопекарных композитных смесей для здорового питания / Е.В. Невская, И.А. Тюрина, О.Е. Тюрина, М.Т. Шулбаева, М.Н. Потапова, Я.С. Головачева // Техника и технология пищевых производств. 2019. Т. 49. № 4. С. 531–544.
3. Исследование качества зернового хлеба на основе хлебопекарной смеси с повышенным содержанием белка / Н.Н. Алёхина, Е.И. Пономарева, А.С. Желтикова, Н.А. Головина // Хлебопродукты. 2020. № 1. С. 49–51.
4. Красникова Е.С., Красников А.В., Бабушкин В.А. Влияние композиционных мучных смесей на технологические свойства хлебопекарных дрожжей //

Инновации и продовольственная безопасность. – 2020. № 1 (27). С. 28–35.

5. Создание комpositной хлебопекарной смеси для хлебобучных изделий с высоким содержанием белка / И.А. Тюрина, А.Е. Борисова, О.Е. Тюрина, И.П. Пешкина, С.М. Пономарева // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. 2020. № 1 (60). С. 21–26.

6. Королев Д.Н., Хмелева Е.В., Пенькова Ю.В. Разработка технологии пшеничного хлеба с использованием полбяной муки // Научные труды Северо-Кавказского федерального научного центра садоводства, виноградарства, виноделия. 2019. Т. 26. С. 57–64.

7. Полба и спельта: возвращение к истокам / С.В. Зверев, О.В. Политуха, А.А. Стариченков, П.С. Абрамов // Хранение и переработка зерна. 2015. № 6–7. С. 48–50.

8. Wurschum T., Leiser W.L., Longin C.F.H. Molecular genet characterization and association mapping in spelt wheat // Plant breeding. 2017. № 2. P. 214–223.

9. Попова Н.М. Эколого-селекционная оценка образцов полбы // Вестник КрасГАУ. 2017. № 5. С. 15–20.

10. Ходаницкий В., Ходаницкая О. Полба и спельта: новые перспективы выращивания // Пропозиция. 2017. № 3. С. 84–88.

11. Назранов Х.М., Мамедов К.С.О. Выращивание зерна полбы в условиях Кабардино-Балкарской Республики для функционального питания // Наука и образование сегодня. 2020. № 8 (55). С. 12–14.

12. Зеленев А.В., Смутнев П.А., Маркова И.Н. Создание перспективных сортов яровой полбы в Нижнем Поволжье // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса : Наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 2 (54). С. 82–89.

13. Indirect selection for grain yield in spring bread wheat in diverse nurseries worldwide using parameters locally determined in north-west Mexico / M. Gutierrez, M.P. Reynolds, W.R. Raun, M.L. Stone, A.R. Klatt // The Journal of Agricultural Science. 2012. Vol. 150. Is. 1. P. 23–43.

14. Полба – перспективная культура для органического земледелия / С.Д. Гилев, И.Н. Цымбаленко, А.Н. Копылов, Е.А. Филиппова, Т.А. Козлова // Зерновое хозяйство России. 2018. № 4. С. 6–11.

15. Санжаровская Н.С., Храпко О.П., Мамедов, К.С. Использование муки из цельного зерна полбы в рецептуре пшеничного хлеба // Ползуновский вестник. 2019. № 3. С. 25–28. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2019.03.005.

16. Скурихин И.М., Тутельян В.А. Руководство по методам анализа качества и безопасности пищевых продуктов. М. : Брандес, Медицина, 1998. 342 с.

17. Пашкеев И.Ю. Растровая электронная микроскопия и рентгеноспектральный микроанализ. Челябинск, 2015. 49 с.

18. Пивоваров В.Ф., Пышная О.Н., Гуркина Л.К. Овощи – продукты и сырье для функционального питания // Вопросы питания. 2017. Т. 86. № 3. С. 121–127. doi:10.24411/0042-8833-2017-00054.

19. Сравнение жирнокислотного состава различных пищевых масел / В.Т. Воловик, Т.В. Леонидова, Л.М. Коровина, Н.А. Блохина, Н.П. Касарина // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2019. № 5. С. 147–152.

20. Барановский А.Ю. Диетология. СПб. : Питер, 2017. 1104 с.

21. Barak S., Mudgil D., Khatkar B.S. Biochemical and functional properties of wheat gliadins: a review //

Critical reviews in food science and nutrition. 2015. Vol. 55. № 3. P. 357–68.

22. Полиморфизм белков семян зерновых культур, выращенных в условиях засушливых территорий / Д.А. Агапова, Р.Ю. Иващенко, И.В. Юнакова, А.А. Желтова, В.Г. Зайцев // Научно-агрономический журнал. 2020. № 4 (111). С. 49–54.

23. Релина Л.И., Вечерская Л.А., Голик О.В. Содержание белка и минералов в зерне некоторых видов редких тетраплоидных пшениц // Вестник БарГУ. Серия: Биологические науки. Сельскохозяйственные науки. 2019. № 7. С. 130–138.

24. Elevating optimal human nutrition to a central goal of plant breeding and production of plant based foods / D.C. Sands, C.E. Morris, E.A. Dratz, A. Pilgeram // Plant science. 2009. Vol. 177(5). P. 377–389. doi: 10.1016/j.plantsci.2009.07.011.

25. Afshin A., Sur P.J., Fay K.A. Health effects of dietary risks in 195 countries, 1990–2017: A systematic analysis for the global burden of disease study 2017 // Lancet. 2019. № 393. P. 1958–1972. doi: 10.1016/S0140-6736(19)30041-8.

26. Curtain F., Grafenauer S.J. Health star rating in grain foods – does it adequately differentiate refined and whole grain foods? // Nutrients. 2019. № 11. P. 415. doi: 10.3390/nu11020415.

27. Grafenauer S., Curtain, F. An audit of Australian bread with a focus on loaf breads and whole grain // Nutrients. 2018. № 10 (8). P. 1106. doi: 10.3390/nu10081106.

Информация об авторах

Ю. А. Бец – аспирант кафедры «Пищевые и биотехнологии» Южно-Уральского государственного университета (НИУ).

И. В. Панкрашкина – студент кафедры «Пищевые и биотехнологии» Южно-Уральского государственного университета (НИУ).

Н. Л. Наумова – доктор технических наук, профессор кафедры «Пищевые и биотехнологии» Южно-Уральского государственного университета (НИУ).

REFERENCES

1. Hasiev, H.H. & Vitavskaya, A.V. (2015). *Live food and grain bread will save the world's population*. Bishkek : Salam. (In Russ.).

2. Nevskaya, E.V., Tyurina, I.A., Tyurina, O.E., Shulbaeva, M.T., Potapova, M.N. & Golovacheva, Ya.S. (2019). Development of bakery composite mixtures for healthy nutrition. *Technics and technology of food production*, (4), 531-544. (In Russ.).

3. Alyohina, N.N., Ponomareva, E.I., Zheltikova, A.S. & Golovina, N.A. (2020). Investigation of the quality of grain bread based on a bakery mixture with a high protein content. *Bread products*, (1), 49-51. (In Russ.).

4. Krasnikova, E.S., Krasnikov, A.V. & Babushkin, V.A. (2020). Influence of composite flour mixtures on the technological properties of baker's yeast. *Innovations and food safety*, (1), 28-35. (In Russ.).

5. Tyurina, I.A., Borisova, A.E., Tyurina, O.E., Peshkina, I.P. & Ponomareva, S.M. (2020). Creation of a

- composite bakery mixture for bakery products with a high protein content. *Technology and commodity research of innovative food products*, (1), 21-26. (In Russ.).
6. Korolev, D.N., Hmeleva, E.V. & Pen'kova, Yu.V. (2019). Development of bread technology using spelled wheat flour. *Scientific works of the North Caucasian federal scientific center of horticulture, viticulture, winemaking*, (26), 57-64. (In Russ.).
7. Zverev, S.V., Polituha, O.V., Starichenkov, A.A. & Abramov, P.S. (2015). Wild wheat: back to basics. *Grain storage and processing*, (6-7), 48-50. (In Russ.).
8. Wurschum, T., Leiser, W.L. & Longin, C.F.H. (2017). Molecular genet characterization and association mapping in spelt wheat. *Plant breeding*, (2), 214-223. (In United States). doi: 10.1111/pbr.12462.
9. Popova, N.M. (2017). Ecological and breeding assessment of spelled wheat samples. *Bulletin of KrasGAU*, (5), 15-20. (In Russ.).
10. Hodanickij, V. & Hodanickaya, O. (2017). Wild wheat: new growth perspectives. *Proposition*, (3), 84-88. (In Russ.).
11. Nazranov, H.M. & Mamedov, K.S.O. (2020). Growing spelled grain in the conditions of the Kabardino-Balkarian Republic for functional nutrition. *Science and education today*, (8), 12-14. (In Russ.).
12. Zelenev, A.V., Smutnev, P.A. & Markova, I.N. (2019). Creation of promising varieties of spelled spring wheat in the Lower Volga region. *News of the Nizhnevolzhskiy agricultural university complex: Science and higher professional education*, (2), 82-89. (In Russ.).
13. Gutierrez, M., Reynolds, M.P., Raun, W.R., Stone, M.L. & Klatt, A.R. (2012). Indirect selection for grain yield in spring bread wheat in diverse nurseries worldwide using parameters locally determined in north-west Mexico. *The Journal of Agricultural Science*, (1), 23-43. (In Great Britain). doi:10.1017/S0021859611000426.
14. Gilev, S.D., Cymbalenko, I.N., Kopylov, A.N., Filippova, E.A. & Kozlova, T.A. (2018). Spelled wheat is a promising crop for organic farming. *Grain economy of Russia*, (4), 6-11. (In Russ.).
15. Sanzharovskaya, N.S., Hrapko, O.P. & Mamedov, K.S. (2019). The use of spelled whole wheat flour in a wheat bread recipe. *Polzunovskiy Vestnik*, (3), 25-28. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2019.03.005.
16. Skurihin, I.M. & Tutel'yan, V.A. (1998). *Guidance on methods of analysis of food quality and safety*. Moscow: Brandes, Medicine. (In Russ.).
17. Pashkeev, I.Yu. (2015). *Scanning electron microscopy and X-ray microanalysis*. Chelyabinsk. (In Russ.).
18. Pivovarov, V.F., Pyshnaya, O.N. & Gurkina, L.K. (2015). Vegetables - products and raw materials for functional nutrition. *Nutrition issues*, (3), 121-127. (In Russ.). doi: 10.24411/0042-8833-2017-00054.
19. Volovik, V.T., Leonidova, T.V., Korovina, L.M., Blohina, N.A. & Kasarina, N.P. (2019). Comparison of fatty acid composition of various edible oils. *International journal of applied and fundamental research*, (5), 147-152. (In Russ.).
20. Baranovskij, A.Yu. (2017). *Dietetics*. SPb: Peter. (In Russ.).
21. Barak, S., Mudgil, D. & Khatkar, B.S. (2015). Biochemical and functional properties of wheat gliadins: a review. *Critical reviews in food science and nutrition*, (3), 357-68. (In Great Britain). doi: 10.1080/10408398.2012.654863.
22. Agapova, D.A., Ivashchenko, R.Yu., Yunakova, I.V., Zheltova, A.A. & Zajcev, V.G. (2020). Polymorphism of proteins of seeds of grain crops grown in arid areas. *Scientific and agronomic journal*, (4), 49-54. (In Russ.).
23. Relina, L.I., Vecherskaya, L.A. & Golik, O.V. (2019). The content of protein and minerals in the grain of some species of rare tetraploid wheat. *Bulletin of BarSU. Series: biological sciences. Agricultural sciences*, (7), 130-138. (In Russ.).
24. Sands, D.C., Morris, C.E., Dratz, E.A. & Pilgeram, A. (2009). Elevating optimal human nutrition to a central goal of plant breeding and production of plant based foods. *Plant science*, (5), 377-389. (In Netherlands). doi: 10.1016/j.plantsci.2009.07.011.
25. Afshin, A., Sur, P.J., & Fay, K.A. (2019). Health effects of dietary risks in 195 countries, 1990-2017: A systematic analysis for the global burden of disease study 2017. *Lancet*, (393), 1958–1972. (In Netherlands). doi: 10.1016/S0140-6736(19)30041-8.
26. Curtain, F. & Grafenauer, S.J. (2019). Health star rating in grain foods – does it adequately differentiate refined and whole grain foods? *Nutrients*, (11), 415. (In Switzerland). doi: 10.3390/nu11020415.
27. Grafenauer, S. & Curtain, F. (2018). An audit of Australian bread with a focus on loaf breads and whole grain. *Nutrients*, (10), 1106. doi: 10.3390/nu10081106.

Information about the authors

Yu. A. Betz – post-graduate student of the Department of Food and Biotechnology, South Ural State University (NRU).

I. V. Pankrashkina – student of the Department of Food and Biotechnology, South Ural State University (NRU).

N. L. Naumova – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Food and Biotechnology, South Ural State University (NRU).

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 11.05.2021; одобрена после рецензирования 10.09.2021; принята к публикации 17.09.2021.

The article was received by the editorial board on 11 May 21; approved after editing on 10 Sep 21; accepted for publication on 17 Sep 21.



Обзорная статья
05.18.15 – Технология и товароведение пищевых продуктов и функционального и специализированного назначения и общественного питания (технические науки)
УДК 664.664.3
doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.03.022

АКТУАЛЬНОСТЬ РАЗРАБОТКИ РЕЦЕПТУР И ТЕХНОЛОГИЙ ПРОИЗВОДСТВА РЫБОРАСТИТЕЛЬНЫХ ЧИПСОВ ИЗ НЕТРАДИЦИОННОГО РЫБНОГО СЫРЬЯ

Станислав Валерьевич Кузьмин¹, Владимир Григорьевич Попов²,
Ирина Васильевна Мозжерина³

^{1,2,3} Тюменский Индустриальный Университет, Тюмень, Россия

¹ stas45info97@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1705-9386>

² popovvg@tyuiu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5902-1768>

³ mozherinaiv@tyuiu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1449-8690>

Аннотация. Данная статья посвящена оценке целесообразности и актуальности разработки рыбораствительных чипсов из нетрадиционных видов рыбного сырья с добавлением полифункционального ингредиента на примере изолята белка рапсового жмыха, значительно повышающего белковую составляющую готового продукта с учётом внедрения инновационных технологических процессов.

Продукты с повышенным содержанием белка становятся все более актуальными из-за мировой тенденции, вызванной дефицитом важнейшего нутриента в повседневном рационе питания. По исследованиям проф. Попова В.Г., суточный дефицит белка у взрослого населения Тюменской области составляет 25–30 %, а у подростков – 30–40 % [1].

Рыбораствительные чипсы, произведённые на основе рыбы и одновременно обогащенные белковым изолятом рапсового жмыха, способны не только решить проблему обеспечения организма полноценной суточной порцией белка, но и эффективно перерабатывать вторичное сырьё за счёт использования традиционно утилизируемого на предприятиях пищевой промышленности рапсового шрота (жмыха). Если учитывать, что суточные нормы потребления рыбы составляют 60 г/сутки, используя чипсы из рыбы, одновременно решаются две проблемы: удовлетворяется потребность в белке, сокращается его дефицит до 10–15 %, увеличивается потребление рыбопродуктов в 1,5 раза.

Инновационность технологического процесса заключается в способе введения изолята растительного белка в рыбный фарш, способствующего улучшению реологических свойств продукции (гомогенность), повышению влагоудерживающей способности на $8,2 \pm 0,4$ % и биодоступности белка на 5,5–8,0 %. Потенциал производственного процесса нового продукта заключается в значительном количестве местного рыбного сырья (в частности, предлагается использовать рыбу ротан-головешку в целях контроля популяции данного вида), длительном сроке хранения и повышенной белковой ценности.

Ключевые слова: рыбные чипсы, функциональный продукт, белковые ингредиенты, повышенное содержание белка, рапсовый жмых, рыбное сырьё.

Для цитирования: Кузьмин, С. В., Попов, В. Г., Мозжерина, И. В. Актуальность разработки рецептур и технологий производства рыбораствительных чипсов из нетрадиционного рыбного сырья // Ползуновский вестник. 2021. № 3. С. 163–169. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.03.022.

Original article

RELEVANCE OF DEVELOPMENT OF FORMULATIONS AND TECHNOLOGIES FOR PRODUCTION OF SNACKS FROM NON-TRADITIONAL FISH RAW MATERIALS

Stanislav V. Kuzmin ¹, Vladimir G. Popov ², Irina V. Mozzherina ³

^{1,2,3} Tyumen Industrial University, Tyumen, Russia

¹ stas45info97@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1705-9386>

² popovvg@tyuiu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5902-1768>

³ mozzherinaiv@tyuiu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1449-8690>

Abstract. This review article is devoted to assessing the feasibility and relevance of the development of fish snack and chip products from non-traditional types of fish raw materials with the addition of a multifunctional ingredient, for example, the protein isolate of rapeseed cake, which significantly increases the protein component of the finished product, as well as innovative technological processes and functional ingredients.

High protein foods are becoming more and more relevant due to the global trend caused by the deficiency of an essential nutrient in the daily diet. According to the research of prof. Popova V.G. the daily protein deficiency in the adult population of the Tyumen region is 25-30 %, and in adolescents 30-40 %.

Fish chips, enriched with protein isolate of rapeseed meal, are able not only to solve the problem of providing the body with a full daily portion of protein, but also to process recyclable materials through the use of rapeseed meal (oilcake) traditionally utilized at food industry enterprises. The daily consumption of fish is 60g / day, using fish chips, two problems are simultaneously solved: the need for protein is satisfied, the deficit is reduced to 10-15 %, the consumption of fish is increased by 1.5 times.

The innovation of the technological process lies in the method of introducing vegetable protein isolate into minced fish, which improves the rheological properties of the product and the bioavailability of the protein. The potential of the new product lies in a significant amount of fish raw materials for the production of the product (in particular, it is proposed to use Amur sleeper fish in order to control the population of this species), a long shelf life and an increased protein value.

Keywords: fish chips, functional product, protein ingredients, high protein content, rapeseed cake, fish raw materials.

For citation: Kuzmin, S. V., Popov, V. G. & Mozzherina, I. V. (2021). Relevance of development of formulations and technologies for production of snacks from non-traditional fish raw materials. *Polzunovskiy vestnik*, (3), 163-169. (In Russ.).doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.03.022.

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность научного обзора заключается в получении современных теоретико-методологических знаний для разработки рецептур, технологии и производства рыбобластных чипсов с повышенным содержанием белка путем введения изолята белка, полученного из вторичного растительного сырья. Цель исследования заключается в разработке рецептуры и технологии производства чипсов из рыбы ротан-головешка с улучшенными органолептическими свойствами (вкус, запах), пищевой ценностью, внешним видом, сокращением трудоемкости, энергозатрат на его приготовление, снижение себестоимости на основе проведения патентно-

информационного поиска аналогичной продукции.

Задача исследования состоит в поиске рациональной технологии производства чипсов из рыбы, а также выборе способа экстракции белкового изолята из рапсового жмыха с целью создания продукта функционального назначения, с повышенным содержанием белка, низкой себестоимостью и простотой изготовления.

Создание рыбобластных чипсов не является полноценной «инновацией» в качестве пищевого продукта, но в качестве продукта с функциональной направленностью рассматривается крайне редко. В работе представлена потенциальная технология производства проектируемого продукта.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Производство функциональных продуктов питания стремительно развиваются по всему миру и одним из приоритетных сегментов являются продукты питания на основе рыбы морской и пресноводных водоёмов, а также нерыбных продуктов моря.

По данным Института питания РАМН, ежегодный дефицит пищевого белка в России превышает 1 млн тонн. Снижение употребления количества белка полностью совпадает современными мировыми тенденциями снижения обеспеченности населения Земли белком животного происхождения.

Учеными Воронежской государственной технологической академии Антиповой Л.В., Дворяниновой О.П. и Калач Е.В. зарегистрировано изобретение на технологию производства рыбных чипсов на основе прудовой рыбы. Данный способ производства включает разделку сырья на филе и удаление малценных компонентов с последующим измельчением до тестообразного фарша при помощи куттера. Затем полученную массу обрабатывают при помощи острого пара при температуре 120–130 °С в течение 15 минут, после чего следует охлаждение до 25–27 °С с последующим выдерживанием с целью структурирования компонентов, замораживанием и приготовлением во фритюре. Предложенный способ приготовления рыбных чипсов позволяет улучшить органолептические качества продукта, стабилизировать цвет, улучшить внешний вид и консистенцию продукта, а также значительно сократить трудоемкость и снизить энергозатраты на его приготовление, что, в свою очередь, понижает себестоимость продукта [2].

Специалистами Южного научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии Яковлевой З.А. и Зубченко Д.Г. предложен способ производства рыбных и мидийных крекеров. Целью данной разработки является улучшение вкусовых качеств и консистенции готового продукта и снижение его себестоимости. Сущность способа заключается в том, что в качестве сырья берут пищевые рыбные отходы, составляющие 30–40 % к массе, направляемой на разделку рыбы, или мидийный бульон, образующийся при бланшировании мидий при отделении мяса от створок, и бульон, получаемый при варке мяса мидий при изготовлении пресервов [3].

Группа учёных из ФГБНУ "ВНИРО" Артемов Р.В., Артемов А.В., Арнаутов М.В. разработала способ производства рыбных чип-

сов из хамсы. Изобретение относится к рыбной промышленности, а именно к производству сухих закусочных продуктов, типа чипсов, снеков, крекеров из рыбы. В результате разработки был получен сухой закусочный продукт длительного срока хранения с ярко выраженным ароматом и вкусом рыбы. Продукт призван расширить ассортимент готовых к употреблению пищевых продуктов данной категории, обладающих улучшенными вкусовыми качествами [4].

Стен Квист, Томми Карльссон, Джон Марк Лотер, Де Кастру Фернанду Басиле разработали метод фракционирования жмыха и измельченного жмыха масличных семян (в том числе рапсового жмыха). Данное изобретение позволяет получить из вторичного сырья четыре различных фракции: фракцию волокон, протеиновую фракцию и фракции эмульгированного масла. Данные фракции могут найти применение в различных сферах пищевой промышленности. В частности, протеиновая фракция может использоваться в качестве белковой добавки для рыбных чипсов [5].

Миневиц И.Э., Осипова Л.Л., Зубцов В.А. разработали способ получения белка из жмыха семян льна. Данное изобретение предлагает извлечение из жмыха семян льна белка. Способ позволяет повысить выход белка и качество целевого продукта за счет увеличения в нем содержания протеина. Представленный способ получения белка из жмыха семян льна позволяет получить продукт, содержащий не менее 75 % льняного белка, характеризующегося полным набором незаменимых для человеческого организма аминокислот. Белковый продукт способен значительно повысить пищевую и биологическую ценность рыбного продукта [6].

Авторами Лобановым В.Г., Минаковой А.Д., Шульвинской И.В., Щербаковым В.Г., Щербиным В.В. был разработан способ получения структурно модифицированного рапсового белкового продукта. Изобретение относится к получению модифицированных белковых продуктов. Главной особенностью изобретения является получение биомодифицированного белкового продукта высокой биологической ценности с улучшенными функциональными свойствами: жиродерживающей, пенообразующей и жироземлюющей способностями из шрота частично гидролизованных семян рапса. Результат, полученный в ходе данной разработки, используют в качестве основного способа при производстве обогащенных белком рыбных чипсов [7].

Эльдарханова И.Б. и Эльдарханов Р.А. разработали упаковку для сушеных пищевых продуктов, в частности, изобретение можно использовать для упаковки для проектируемых рыбных чипсов. Отличительной чертой данного изобретения является выполнение в виде пакетика из полимерного материала, имеющего дополнительную поверхность с крестообразным либо любой другой формы отверстием, при помощи которого упаковка надевается на горлышко бутылки [8].

Группой авторов Кутиной О.И., Могильным М.П., Шлёнской Т.В., Мираковым И.Р., Славянским А.А., Шаровой Т.Н. был разработан функциональный продукт на основе рыбного фарша. Технической задачей заявленного решения является повышение питательной ценности целевого продукта и повышение иммунного статуса у людей, а также усиления вкусовых качеств и органолептических показателей. Кроме того, расширение ассортимента диетических продуктов с функциональной направленностью, за счет подбора, сочетания и синергетического эффекта компонентов. Разработанный продукт предназначен для профилактического и лечебного питания людей с целью улучшения иммунного статуса, обмена веществ, а также при профилактике онкологических заболеваний, после химиотерапии, укрепляя внутреннее сопротивление болезни [9].

Автором Ланиером Тэйр С. были предложены функциональные пищевые белковые ингредиенты из рыбы. Данная разработка касается фракционирования (очистки) пищевых ингредиентов. Такие очищенные и/или измененные вещества составляют основную часть современного рынка пищевых ингредиентов, широкий ассортимент, который оценивается исключительно за их индивидуальные потребительские, функциональные свойства [10].

Авторами Saleena Mathew, Maya Raman, Manjusha Kalarikkathara, Parameswaran Dhanya, Pulikkottil Rajan представлена методика различных термических и нетермических методов обработки рыбы и рыбных продуктов. Также подробно рассматриваются различные рыбные продукты, подчеркивается важность показателей качества продукции [11].

Авторы Andrés-Bello A., García-Segovia P. & Martínez-Monzó J. представляют передовые технологии по вакуумной жарке. Вакуумная жарка – это альтернативный способ улучшить качество жареной пищи и снизить окончательное поглощение масла продуктом. Продукт нагревается при низком давлении, что снижает температуру кипения масла для

жарки и воды в продукте. Более того, отсутствие воздуха во время жарки в вакууме может препятствовать окислению липидов и ферментативному потемнению, следовательно, цвет и питательные вещества образцов могут быть в значительной степени сохранены. Данное исследование представляет обновленную информацию о последних достижениях в технологии вакуумной жарки, демонстрируя влияние предварительной обработки и условий жарки на качественные характеристики продуктов. Приведены факты, касающиеся оборудования и условий эксплуатации. С другой стороны, также упоминаются математические модели для описания поглощения масла и потери воды в процессе обработки. Также обсуждается влияние этой обработки на цвет, текстуру и пищевую ценность конечных продуктов [12].

Рапс – хороший источник высококачественного белка. Однако его использование как в пище для людей, так и в кормах для животных, ограничено наличием большого количества клетчатки и антипитательных факторов, таких как глюкозинолаты, полифенолы и фитиновая кислота (фитаты). Авторы Siy R.D. & Talbot D.F. представили исследование по приготовлению низкофитатного белка рапсового семени путем ультрафильтрации: водная экстракция фитата из обезжиренного шрота из рапсового семени, экстракция фитатов, азотсодержащих, фосфорсодержащих соединений из рапсового шрота и муки сортов Tower и Candle водным раствором хлорида натрия. Метод экстракции рассматривается как первый шаг в получении мембранного белка из семян рапса с низким содержанием фитата. В частности, данная разработка может быть использована как один из методов извлечения белка [13].

На основании полученной информации в качестве основного рыбного сырья для изготовления чипсов функциональной направленности была использована рыба ротанголовешка, богатая полиненасыщенными жирными кислотами (ПНЖК), филе рыбы содержит: омега-3 до $0,8 \pm 0,2 \text{ г/100}$ и омега-6 до $0,6 \pm 0,06 \text{ г/100}$, незаменимые аминокислоты, минеральные вещества, витамины А, D, Е. Данная продукция низкокалорийна и богата легкоусвояемыми белками, предназначена для повышения иммунитета и может применяться в диетическом питании, т.к. легко переваривается и усваивается. В таблице 1 представлен химический состав рыбы ротан.

АКТУАЛЬНОСТЬ РАЗРАБОТКИ РЕЦЕПТУР И ТЕХНОЛОГИЙ ПРОИЗВОДСТВА
РЫБОРАСТИТЕЛЬНЫХ ЧИПСОВ ИЗ НЕТРАДИЦИОННОГО РЫБНОГО СЫРЬЯ

Таблица 1 – Химический состав рыбы ротан

Table 1 – Chemical composition of rotan fish

Показатель	Б, г	Ж, г	РР, г	S, мг	Cr, мкг	F, мкг	Mo, кг	Ni, мкг	Zn, мг
Рыба ротан	17,5	2,1	2,9	175,0	55,0	430,1	4,0	6,6	30,7

Данное сырье имеет большой потенциал к применению в качестве основного ингредиента для изготовления чипсов функциональной направленности, т.к. имеет приятный вкус, цвет, а также значительные запасы.

На рисунке 1 представлена технологическая схема изготовления чипсов функциональной направленности. Рецепт приготовления чипсов из рыбы функциональной направленности представлена в таблице 2.

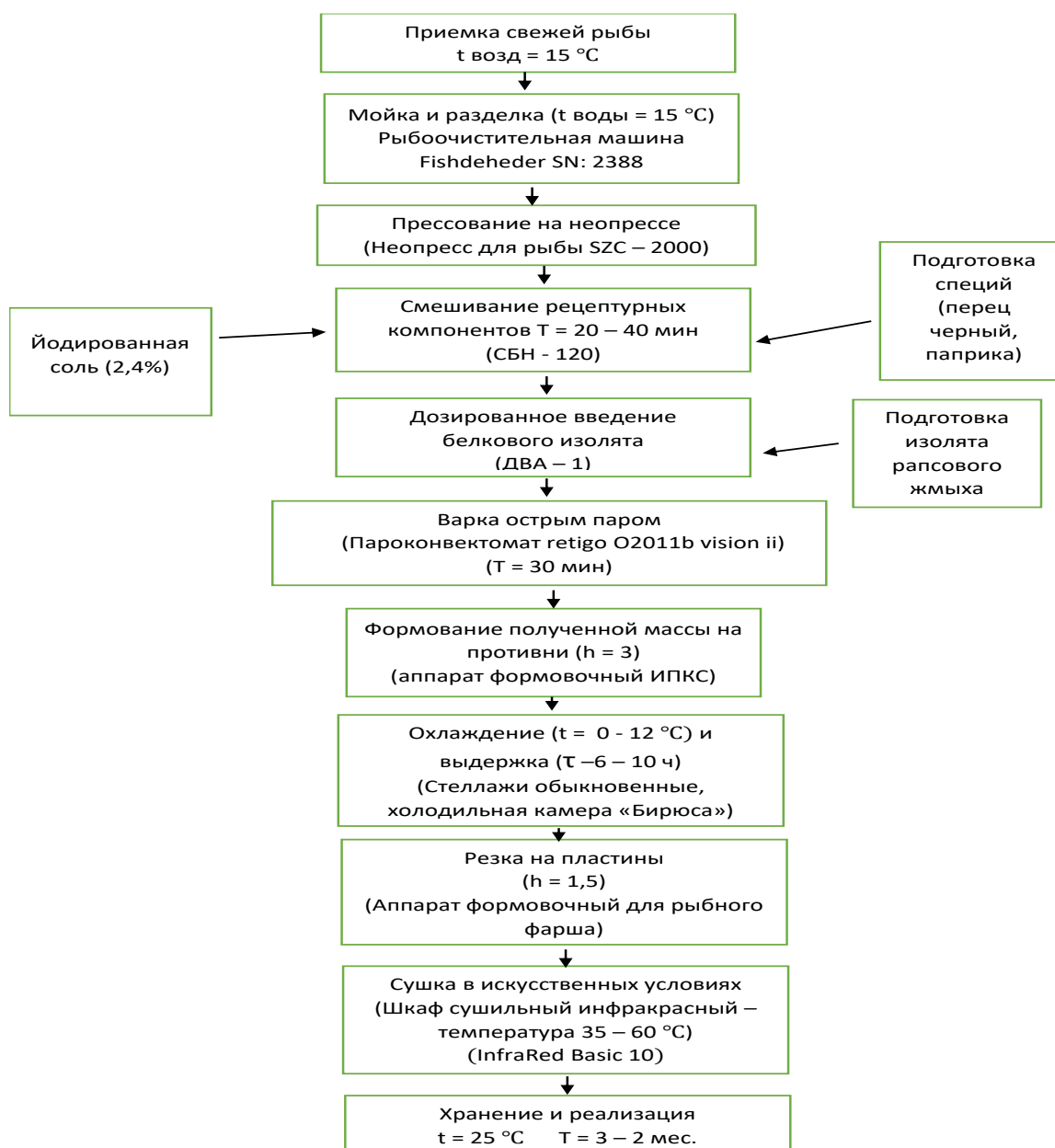


Рисунок 1 – Технологическая схема изготовления чипсов функциональной направленности

Figure 1 – Technological scheme for the production of functional chips

Таблица 2 – Рецептура чипсов из рыбы функциональной направленности

Table 2 – Formulation for functional fish chips

Наименование сырья	Единица измерения	г/100
Филе рыбы ротан-головешка	г	72
Изолят белка рапсового жмыха	г	24
Соль	г	0,5
Перец черный	г	0,5
Паприка	г	1
Специи для рыбы	г	2

В результате технологического процесса содержание суммарного количества белка в готовой продукции увеличилось на 42,5 % и составило 23,7 г/100, что больше 15 % от суточной нормы потребления в одной порции готовой продукции с выходом 75 г.

Таким образом, разработана рецептура и технология производства чипсов из рыбы функциональной направленности с улучшенными органолептическими свойствами (вкус, запах), повышенной пищевой ценностью, однородным внешним видом, сокращением трудоемкости до 20 %, снижением энергозатрат на их приготовление до 14,0 %, понижена себестоимость продукции на 12–13 %.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исходя из проведённого патентно-информационного поиска, можно сделать вывод, что существует значительное количество результатов исследований по разработке рецептур и технологии производства продуктов функционального назначения на основе нетрадиционного рыбного сырья, обогащённого различными полифункциональными ингредиентами.

Актуальность исследования подтверждается формированием специализированных рационов питания с включением рыбы ротан-головешки для изготовления чипсов с повышенным содержанием белка в меню предприятий общественного питания для различных социальных групп, особенно проживающих в труднодоступных районах, а также для населения, выполняющего тяжёлые физические работы в экстремальных арктических территориях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Попов В.Г. Теоретико-методологические подходы к разработке и практическому применению функциональных напитков для школьного питания: дис. ... д-ра техн. наук: 05.18.15 / В.Г. Попов; Тюменский гос. нефтегазовый университет; КемТИПП. Кемерово: КемТИПП; 2014. 420 с. (в пер.)
2. Пат. № 2457696С1, RU, A23L 1/325, 2011106407/13, «Способ производства чипсов из прудовой рыбы». Авторы: Антипова Людмила Васильевна, Дворяни-

нова Ольга Павловна, Калач Елена Владимировна. Патентообладатель: Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Воронежская государственная технологическая академия" (ГОУ ВПО ВГТА). Заявлено: 21.02.2011. Опубликовано: 10.08.2012. Бюл. № 22. С. 1–2.

3. Пат. № 2050796 С1, RU, A23L 1/325, «Способ производства рыбных и мидийных крекеров»; Авторы: Яковлева З.А. и Зубченко Д.Г. Патентообладатель: Южный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии (УА). Заявка: 5056590/13, 26.05.1992. Дата публикации: 27.12.1995.

4. Пат. № 2571791, RU, A23L 1/325, «Способ получения чипсов из Хамсы». Авторы: Артемов Р.В., Артемов А.В., Арнаутов М.В. Патентообладатель: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии" (ФГБНУ "ВНИРО"). Заявлено: 08.08.2014. Опубликовано: 20.12.2015. Бюл. № 35.

5. Пат. № 2295250 С2, RU, A23J 1/14, A23J 3/14, A23L 1/29, «Способ фракционирования жмыха и измельченного жмыха масличных семян». Авторы: Стен Квист, Томми Карльссон, Джон Марк Лотер, Де Кастру Фернанду Басиле. Патентообладатель: «Биовелоп Интернешнл» (NL). Заявлено: 20.04.2005. Опубликовано: 20.03.2007. Бюл. № 8.

6. Пат. № 2437552 С1, RU, A23J 1/14, «Способ получения белка из жмыха семян льна». Авторы: Миневич И.Э., Осипова Л. Л., Зубцов В.А. Патентообладатель: Государственное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт механизации льноводства Российской академии сельскохозяйственных наук» (ГНУ ВНИИМЛ Россельхозакадемии). Заявлено: 09.07.2010. Опубликовано: 27.12.2011. Бюл. № 36.

7. Пат. № 2277794 С1, RU, A23J 1/14, A23J 3/30 A23J 3/14 A23J 3/34 «Способ получения структурно модифицированного рапсового белкового продукта». Авторы: Лобанов В.Г., Минакова А.Д., Шульвинская И.В., Щербатов В.Г., Щербин В.В. Патентообладатель: Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Кубанский государственный технологический университет" (ГОУ ВПО "КубГУ"). Заявлено: 27.12.2014. Опубликовано: 20.06.2006. Бюл. № 17.

8. Пат. № 67073 U1, RU, B63D 83/00, «Упаковка для сушеных пищевых продуктов». Авторы: Эльдарханова И.Б. и Эльдарханов Р.А. Патентообладатель: Эльдарханова Ирина Борисовна (RU). Заявлено: 06.03.2007. Опубликовано: 10.10.2007. Бюл. № 28.

9. Пат. № 2634117 С2, RU, A23L 17/00, «Функциональный продукт на основе рыбного фарша». Авторы: Кутина О.И., Могильный М.П., Шлёнская Т.В., Мираков И.Р., Славянский А.А., Шарова Т.Н. Патентообладатель: Кутина Ольга Исифовна (RU). Заявлено: 29.12.2015. Опубликовано: 05.07.2017. Бюл. № 19.

АКТУАЛЬНОСТЬ РАЗРАБОТКИ РЕЦЕПТУР И ТЕХНОЛОГИЙ ПРОИЗВОДСТВА РЫБОРАСТИТЕЛЬНЫХ ЧИПСОВ ИЗ НЕТРАДИЦИОННОГО РЫБНОГО СЫРЬЯ

10. Lanier, T.C. (1994). Functional food protein ingredients from fish, in *Seafood Proteins*, Sikorski, Z.E., Pan, B.S., and Shahidi, F., Eds., Chapman Hall, New York, chap. 10.

11. Saleena Mathew, Maya Raman, Manjusha Kalarikkathara Parameswaran, Dhanya Pulikkottil Rajan. «Fish and Fishery Products: Quality Indices» // *D.P.* (2019). Fish and Fishery Products: Quality Indices. In: *Fish and Fishery Products Analysis*. Springer, Singapore. First Online: 07 November 2019. P. 1.

12. Andrés-Bello, A., García-Segovia, P. & Martínez-Monzó, J. «Vacuum Frying: An Alternative to Obtain High-Quality Dried Products» // *Food Engineering Reviews* 3, 63 (2011). Accepted: 13 May 2011. Published: 25 May 2011. P. 1.

13. Siy, R.D. & Talbot, D.F. «Preparation of low-phytate rapeseed protein by ultrafiltration: I. The aqueous extraction of phytate from deoiled rapeseed meals» // *Journal of the American Oil Chemists' Society* volume 59, pages 191–194 (1982). Received: 11 July 1980. Issue Date: April 1982.

5. Sten, Quist, Tommy, Karlsson, John Mark, Lothar & De Kastru, Fernando Basile. (2007). Method for fractionation of cake and crushed oilseed cake". Pat. 2295250 C2, RU. Published: 20.03.2007 Bul. 8. (In Russ).

6. Minevich, I.E., Osipova, L.L. & Zubtsov, V.A. (2011). Method for producing protein from flax seed meal. Pat. 2437552 C1, RU. Published: 27.12.2011 Bul. 36. (In Russ).

7. Lobanov, V.G., Minakova, A.D., Shulvinskaya, I.V., Shcherbakov, V.G. & Shcherbin, V.V. (2006). Method of obtaining a structurally modified rapeseed protein product. Pat. 2277794 C1, RU. Published: 20.06.2006 Bul. 17. (In Russ).

8. Eldarkhanova, I.B. and Eldarkhanov, R.A. (2007). Packaging for dried food. Pat. 67073 U1, RU. Published: 10.10.2007. Bul. 28. (In Russ).

9. Kutina, O.I., Mogilny, M.P., Shlyonskaya, T.V., Mirakov, I.R., Slavyansky, A.A. & Sharova, T.N. (2015). Functional product based on minced fish. Pat. 2634117 C2, RU. Published: 07.05.2017. Bul. 19. (In Russ).

10. Lanier, T.C. (1994). Functional food protein ingredients from fish, in *Seafood Proteins*, Sikorski, Z.E., Pan, B.S. and Shahidi, F., Eds., Chapman Hall, New York, chap. 10.

11. Saleena, Mathew, Maya, Raman, Manjusha, Kalarikkathara Parameswaran & Dhanya Pulikkottil Rajan. (2019). Fish and Fishery Products: Quality Indices. Fish and Fishery Products: Quality Indices. In: *Fish and Fishery Products Analysis*. Springer, Singapore, (1), P. 1.

12. Andrés-Bello, A., García-Segovia, P. & Martínez-Monzó, J. (2011). Vacuum Frying: An Alternative to Obtain High-Quality Dried Products. *Food Engineering Reviews*, 63 (3), P. 1.

13. Siy, R.D. & Talbot, D.F. (1982). Preparation of low-phytate rapeseed protein by ultrafiltration: I. The aqueous extraction of phytate from deoiled rapeseed meals. *Journal of the American Oil Chemists' Society* volume, (59), 191-194.

Информация об авторах

С. В. Кузьмин – магистрант кафедры «Товароведения и технологии продуктов питания (профиль пищевая биотехнология)», ФГБОУ ВО «Тюменский Индустриальный Университет».

В. Г. Попов – д.т.н., профессор, заведующий кафедрой товароведение и технология продуктов питания, ФГБОУ ВО «Тюменский Индустриальный Университет».

И. В. Мозжерина – доцент кафедры Товароведения и технологии продуктов питания ФГБОУ ВО «Тюменский Индустриальный Университет».

REFERENCES

1. Popov, V.G. (2014). Theoretical and methodological approaches to the development and practical application of functional drinks for school meals. Doctor's thesis. Kemerovo: KemTIPP. (In Russ.).

2. Antipova, L.V., Dvoryaninova, O.P. & Kalach, E.V. (2012). Method for the production of chips from pond fish. Pat. 2457696C1. Russian Federation, published on 10.08.2012. Bul. 22. (In Russ).

3. Yakovleva, Z.A. and Zubchenko, D.G. (1995). Method for the production of fish and mussel crackers. Pat. 2050796 C1, Russian Federation, published on 12.07.1995. (In Russ).

4. Artemov, R.V., Artemov, A.V. & Arnautov, M.V. (2015). Method for obtaining chips from Hamsa. Pat. 2571791. Russian Federation, published on 20.12.2015. Bul. 35. (In Russ).

Information about the authors

S. V. Kuzmin – magistrate of the Department of Commodity Science and Food Technology (profile food biotechnology), Tyumen Industrial University.

V. G. Popov – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Commodity Science and Food Technology, Tyumen Industrial University.

I. V. Mozzherina – Associate Professor of the Department of Commodity Science and Food Technology, Tyumen Industrial University.

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare that there is no conflict of interest.*

Статья поступила в редакцию 12.04.2021; одобрена после рецензирования 10.09.2021; принята к публикации 17.09.2021.

The article was received by the editorial board on 12 Apr 21; approved after editing on 10 Sep 21; accepted for publication on 17 Sep 21.



РАЗДЕЛ 2. ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

Научная статья
05.17.08 Процессы и аппараты химических технологий (технические науки)
УДК 544.62
doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.03.023

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПЕРЕНОСА ИОНОВ В ПРОЦЕССЕ ЭЛЕКТРОДИАЛИЗА

Мохаммед Кадер Джубари ¹, Надежда Вячеславовна Алексеева ²

^{1,2} Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

¹ mohammedqader1983@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-8070-9647>

² alexejewa.nadja@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-9335-0477>

Аннотация. Электродиализ (ЭД) – это метод электрохимического разделения, при котором ионы избирательно переносятся через ионоселективные мембраны под действием электрического поля. В данной работе основное внимание уделяется математической модели переноса ионов в процессе ЭД, включающей граничные условия, силу тока, потоки ионов, числа переноса ионов и проницаемость мембраны. Математические модели переноса ионов в процессе электродиализа на ионообменных мембранах рассмотрены на основе уравнения Нернста–Планка. Известно множество работ, в которых используется это уравнение, поскольку его относительно легко связать с другими уравнениями, описывающими гидродинамические условия и перенос ионов в окружающих растворах, граничные и другие условия. Из соотношения плотности тока с потоками выводится корреляционная связь для нелинейного градиента потенциала. Граничные условия определяются равновесием Доннана на поверхности «мембрана–раствор» с учетом конвективного течения. Модель предсказывает влияние увеличения плотности тока на концентрацию ионов внутри мембраны и соотносится с ранее опубликованными экспериментальными данными. Кроме того, изучено влияние плотности тока на увеличение падения напряжения и снижение проницаемости ионообменных мембран. Отмечено, что структура мембраны, то есть размер каналов и пористость, оказывают большое влияние на эффективность переноса ионов через ионообменную мембрану.

Ключевые слова: перенос ионов, уравнение Нернста–Планка, равновесие Доннана, селективность мембраны, высокая плотность тока.

Для цитирования: Джубари, М. К., Алексеева, Н. В. Математическая модель переноса ионов в процессе электродиализа // Ползуновский вестник. 2021. № 3. С.170-178. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.03.023.

Original article

MATHEMATICAL MODEL OF ION TRANSFER IN ELECTRODIALYSIS PROCESS

Mohammed Q. Gubari¹, Nadezda V. Alekseeva³^{1,2} Tambov State Technical University, Tambov, Russia¹ mohammedqader1983@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-8070-9647>² alexejewa.nadja@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-9335-0477>

Abstract. *Electrodialysis (ED) is an electrochemical separation process in which charged membranes are used to separate ions under the action of an electrical potential difference. This review focuses on a mathematical model of ion transport in the electrodialysis process, including boundary conditions, electric current, ion fluxes, ion transport number, and membrane permeability. Mathematical models of ion transport in electrodialysis process are reviewed and their basics concept is discussed using an ion-exchange membrane based on the Nernst–Planck equation. There are many studies carried out in the past implemented using Nernst–Planck equations, since they are relatively easy to associate with other equations describing hydrodynamic conditions and ion transport in surrounding solutions, boundary conditions, and other conditions. A correlation for the non-linear potential gradient is derived from current density relation with fluxes. The boundary conditions are determined with the Donnan equilibrium at the membrane– solution interface, taking into account the convective flow. The model predicts the effect of an increase in current density on the ion concentrations inside the membrane. The model is fitted to the previously published experimental data. Moreover, the effect of current density on the observed increase in voltage drop and the decrease in permselectivity has been studied for the available ion exchange membrane. To conclude, the membrane structure, i.e., channel size and porosity, has a high impact on the performance of ion transport through ion exchange membrane.*

Keywords: *Ion transport, Nernst–Planck, Donnan equilibrium, Membrane selectivity, High current density.*

For citation: Gubari, M. Q. & Alekseeva, N. V. (2021). Mathematical model of ion transfer in electrodialysis process. *Polzunovskiy vestnik*, (3), 170-178. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.03.023.

ВВЕДЕНИЕ

Универсальными методами обработки жидких отходов, а также разделения и концентрирования ценных минеральных и органических компонентов являются мембранные методы. Их разнообразие и преимущества позволяют использовать эти методы для обработки различных жидких смесей. Растворы, в которых концентрация минеральных веществ достигает 10 мг/л, обычно подвергают электродиализу [1]. ЭД получил широкое применение не только при опреснении природных вод, солевых растворов и в производстве поваренной соли, но и при биоразделении органических кислот и их солей. Эффективность переноса ионов через мембраны существенно зависит от таких факторов, как физико-химические свойства используемых мембран, гидродинамические условия и взаимосвязь между

переносом вещества в мембрану и из нее [2]. Следует отметить, что электродиализ основан на способности мембран избирательно пропускать под действием электрического тока только катионы или анионы. Неоспоримым преимуществом метода является то, что он может быть использован в качестве основы для разработки экологически безопасных технологий замкнутого цикла за счет удаления минеральных примесей с одновременным получением деминерализованной воды [1].

Электродиализатор состоит из ряда камер, разделенных чередующимися катионо- и анионообменными мембранами. Движущей силой электромембранных процессов является градиент электрического потенциала. Из каждой камеры катионы и анионы мигрируют к соответствующим электродам через проницаемые катионо- и анионообменные мембраны

соответственно [1]. Для выбора наиболее эффективных условий электродиализной обработки необходимо изучить влияние различных факторов на этот процесс. Однако такие исследования требуют много времени. Поэтому более целесообразно подбирать условия процесса, анализируя математическую модель удаления примесей из растворов методом электродиализа.

В промышленности ионообменные мембраны применяются, например, в топливных элементах, хлор-щелочном процессе и при электролизе воды. Для объяснения массопереноса в мембране при больших плотностях тока требуется соответствующая математическая модель. Существуют различные подходы к описанию переноса ионов внутри мембраны. Модели переноса при электродиализе описаны, например, Rohman и Aziz. Они предложили три феноменологических уравнения, учитывающих подходы неравновесной термодинамики: (1) уравнение Максвелла–Стефана (МС), которое учитывает взаимодействие между каждой парой компонентов; (2) уравнение Кедема–Качальского (КК), которое рассматривает мембрану как геометрическую переходную область между двумя однородными камерами; (3) уравнение Нернста–Планка (НП), которое описывает диффузию и электромиграцию при переносе ионов без учета взаимодействия между ионами. Последнее уравнение широко используют из-за его простоты [2].

Psaltis и др. сравнили подходы Нернста–Планка и Максвелла–Стефана для предсказания переноса трехкомпонентных электролитов. Они пришли к выводу, что использование бинарных коэффициентов диффузии (не учитывая взаимодействие между растворенными веществами) и полной модели Максвелла–Стефана не влияет на конечные значения равновесных концентраций в многокомпонентном растворе электролита. Показано, что использование эффективных коэффициентов диффузии в уравнении Нернста–Планка дает относительно высокую точность результатов [3]. Кроме того, Graham и др. показали, что уравнение Нернста–Планка справедливо при моделировании диффузии ионов в ионообменных смолах высоких концентраций (3-4 М) с учетом эффективных коэффициентов диффузии [4].

При моделировании процесса переноса в объеме пор мембраны также важна её морфологическая структура. Это связано с тем, что любое изменение морфологии, то есть количества и размера пор, может изменить эффективный коэффициент диффузии внутри пор и, как следствие, процесс переноса. Проведен

комплекс исследований морфологической структуры ионообменных мембран [5].

Кластерно-сетевая модель, предложенная Mauritz и др. [6], является одной из самых ранних моделей, широко используемых для понимания свойств нафионовых мембран. Schmidt и др. создали модели параллельных гидроканалов для структуры нафионовых мембран с диаметрами гидроканалов 1,8 и 3,5 нм в среднем 2,4 нм при 20 об. % воды [7]. Gebel и др. исследовали с помощью метода малоуглового рентгеновского рассеяния (SAXS) структурную эволюцию перфторсульфонатных иономерных мембран от сухого до сильно разбухшего состояния [8].

Подход Нернста–Планка применялся для объяснения переноса ионов в мембране и другими авторами. Verbrugge с сотр. [9] рассматривали транспорт ионов и растворителей в мембране типа «серная кислота / перфторсульфокислота». Bouzek и др. [10, 11] смоделировали перенос ионов внутри мембраны с учетом и без учета конвекции в диффузионном слое. Они предсказали перенос ионов в мембране до $2,5 \text{ кА} \cdot \text{м}^{-2}$.

Большой интерес представляют характеристики мембраны с точки зрения падения напряжения и снижения пермиселективности при высоких плотностях тока, поскольку мембрана вносит наибольший вклад в напряжение ячейки. Вообще, крайне важно учитывать характеристики мембран при оценке производительности электрохимических элементов и себестоимости процесса. В данной работе рассмотрен транспорт частиц в порах мембраны с учетом эффективного коэффициента диффузии. Морфологическая структура мембраны в исследовании описывается моделями Schmidt с сотр. и Gebel, потому что они дают представление о размерах диаметров каналов в сухом и гидратированном состояниях.

ЯВЛЕНИЯ ПЕРЕНОСА В МЕМБРАНЕ

В процессе ЭД заслуживают внимания и перенос раствора, циркулирующего в пространстве между мембранами, и перенос ионов в мембранах. Однако производительность электродиализа преимущественно определяется переносом ионов. Целесообразно трактовать перенос ионов и воды через мембрану с точки зрения неравновесной термодинамики, которая рассматривает мембрану как "черный ящик" и полностью учитывает перекрестные эффекты всех потоков через мембрану. Другой вид модели – математическая модель, учитывающая геометрическую

структуру мембраны, и как следствие, позволяющая установить связь между структурой, локальными физико-химическими параметрами и общими физико-химическими свойствами мембраны [2].

Расчеты при проектировании установки ЭД включают входные параметры, связанные с геометрией камеры, свойствами раствора и стратегиями эксплуатации [12].

Кроме того, существует множество фактов, прямо или косвенно доказывающих, что ионообменные материалы, в том числе гомогенные мембраны и гелевые ионообменники, пространственно неоднородны. Неоднородность ионообменных мембран оказывает большое влияние на многие физико-химические свойства ионообменных систем и их эксплуатационные характеристики. Равновесное соотношение между количеством ионов в растворе и в мембране может быть описано уравнением Доннана, которое зависит от обменной емкости и средних коэффициентов активности раствора [2]. В принципе кажущаяся подвижность ионов зависит не только от валентности иона и мембранного потенциала, но и от неоднородности мембраны. Коэффициент самодиффузии в мембране зависит от размера сольватированных ионов и соответствует подвижностям ионов, наблюдаемым в водном растворе.

МОДЕЛЬ МАССОПЕРЕНОСА ПРИ ЭЛЕКТРОДИАЛИЗЕ

Массоперенос при электродиализе определяется движущими силами, действующими на отдельные компоненты раствора, и трением, которое компоненты должны преодолеть при перемещении в растворе и ионообменных мембранах. Движущие силы, действующие на компоненты системы, могут быть выражены градиентами их электрохимических потенциалов. Трение или сопротивление, которое должно быть преодолено движущей силой для переноса компонента, можно выразить через подвижность, т. е. через коэффициент диффузии или электрическое сопротивление электролита и мембран. Для описания явлений массопереноса при электродиализе может быть применено расширенное уравнение Нернста–Планка [1].

Уравнение Нернста–Планка для моделирования переноса ионов в ионообменной мембране можно записать в виде уравнения (1) [13, 14]:

$$J_i = -D_i \nabla C_i - z_i D_i C_i \frac{F}{RT} \nabla \varphi + C_i v, \quad (1)$$

где J_i – поток; D_i – коэффициент диффузии; C_i – концентрация, φ – электрический потенциал; v – объем конвективного потока, z – заряд иона; F – постоянная Фарадея; R – газовая постоянная; T – абсолютная температура, а индекс i относится к компоненте.

Уравнение Нернста–Планка включает три транспортных составляющих: диффузию, электропотенциал и конвекцию. Конвекция зависит от осмотического давления и электроосмотических эффектов, и ее можно определить по уравнению (2) (уравнение Schlögl) [9, 15].

$$v = d_h (z_m C_m F \nabla \varphi - \nabla P), \quad (2)$$

где d_h – гидродинамическая проницаемость; z_m – безразмерная длина мембраны; C_m – католит-мембрана; φ – электрический потенциал; ∇P – градиент давления.

Предполагается, что мембрана электронейтральна как внутри, так и на границе раздела мембраны и раствора (уравнение (3)).

$$\sum_i C_i z_i = 0, \quad (3)$$

Schlögl определил гидродинамическую проницаемость мембраны на основе уравнения Хагена–Пуазейля (уравнение (4)) [16]:

$$d_h = \frac{d_p^2 \varepsilon_m}{32 \eta}, \quad (4)$$

где d_h – диаметр пор; ε_m – пористость мембраны; η – динамическая вязкость.

Уравнение Schlögl, по-видимому, способно описать скорость конвекции как постоянную величину. Кроме того, для завершения системы уравнений переноса требуется коэффициент корреляции непрерывности массы (уравнение (5)). Это означает, что скорость конвекции должна быть определена в каждой точке мембраны. Плотность изменяется с изменением концентрации внутри мембраны. Скорость конвекции вычисляется по уравнению (2) на левой стороне мембраны с начальным допущением падения напряжения на мембране. Соотношение между плотностью тока и потоком заряженных частиц показано в уравнении (6). Уравнение (7) получено путем объединения уравнений (1) и (6) как выражение для градиента потенциала. Падение напряжения в уравнении (7) повторяется с учетом начального допущения до тех пор, пока решение не будет сходиться.

Уравнение (8) описывает поток воды. рядом авторов [17, 8] было показано, что вода переносится не только в гидратированных оболочках положительных ионов, но и за счет конвекции и электродвижущей силы.

$$-\nabla(\rho v) = 0, \quad (5)$$

$$I = F \sum_{i=1}^n z_i J_i, \quad (6)$$

$$\nabla\varphi = \frac{\frac{l}{F} + \sum_{i=1}^n z_i D_i \nabla C_i - v \sum_{i=1}^n z_i C_i}{-\frac{F}{RT} \sum_{i=1}^n z_i^2 D_i C_i}, \quad (7)$$

$$\rho v = \sum_{i=1}^n M_i N_i + M_{\text{water}} N_{\text{water}}, \quad (8)$$

где ρ – плотность; l – плотность тока; N – число поровых каналов.

В литературе электропроводность мембраны была определена на основе закона Ома, $I = \kappa \frac{d\varphi}{dx}$, с использованием уравнения потока Нернста–Планка, без учета градиента концентрации и конвекции [13, 14, 19].

ГРАНИЧНЫЕ УСЛОВИЯ

Граничное условие состоит в том, что поток частиц при установившемся равновесии должен быть равен на границе раздела мембраны и раствора, как показано в уравнении (9) для анодной границы раздела. Это аналогично и для катодной поверхности. Предполагается, что массоперенос на поверхности мембраны очень высок из-за очень значительного перемешивания электролита [17].

$$\frac{D_i^s}{\delta_{\text{diff}}} (C_i^{A,s} - C_i^{A,int}) + v C_i^{A,int} \varepsilon = \left(-D_i \frac{dC_i^{Am,int}}{dx} - z_i D_i C_i^{Am,int} \frac{F}{RT} \frac{d\varphi}{dx} + v C_i^{Am,int} \delta \right) \frac{1}{\delta} \varepsilon, \quad (9)$$

где δ – толщина мембраны; A – анод; A_m – анолит-мембрана; int – граница раздела; s – фаза раствора; x – длина.

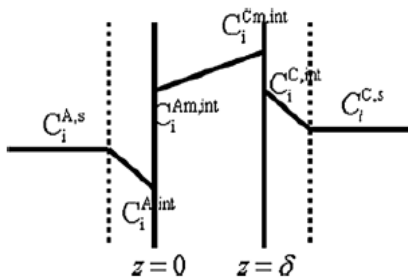


Рисунок 1 – Схематическое изображение концентрации ионов в объеме раствора, на поверхности раствора и на поверхности раздела мембран, как для анолита, так и для католита [5]

Figure 1 – Schematic representation of the concentration of ions in the volume of the solution, on the surface of the solution and on the surface of the membrane section for both anolyte and catholyte [5]

Таким образом, толщину пограничного слоя можно рассчитать по измеренному массопереносу в роторно-статорном вращающемся дисковом реакторе, который, как доказано, имеет очень высокий коэффициент массопереноса [20]. Скачки концентрации ионных частиц в растворе и на границе раздела мембран, как для анолита, так и для католита, изображены на рисунке 1 [5].

Концентрации на границе раздела определяются на основе равновесия Доннана, которое представляет собой электрохимическое равновесие между фазами мембраны и раствора (уравнение (10)). При установившемся равновесии электрохимические потенциалы всех ионов в мембране и растворе равны [13]:

$$\mu_i^m + z_i F \varphi^m = \mu_i^s + z_i F \varphi^s, \quad (10)$$

где μ – химический потенциал.

Потенциал Доннана может быть выражен уравнением (11):

$$\varphi^m - \varphi^s = \frac{1}{z_i F} \left[RT \ln \frac{a_i^s}{a_i^m} + \bar{V}_i (P^s - P^m) \right] = \varphi_{\text{Don}}, \quad (11)$$

где P^s – давление раствора; P^m – давление мембраны.

Здесь используется предположение Хига и др. [21] о том, что поверхность мембраны всегда находится в состоянии равновесия Доннана с одинаковым коэффициентом разделения для всех ионов. Таким образом, равновесие Доннана устанавливается между мембраной и внешним раствором для всех ионов. Это показано в уравнении (12), в котором осмотическим давлением пренебрегают:

$$\frac{C_i^m}{C_i^s} = e^{\frac{-F z_i \Delta \varphi_{\text{Don}}}{RT}} = K^{z_i}, \quad (12)$$

где K – это константа равновесия Доннана.

Следует отметить, что условие электронейтральности в растворе используется для получения корреляционного уравнения (13), которое связывает концентрацию на границе раздела раствора и концентрацию на границе раздела мембраны [5].

$$C_{i,\text{pos}}^{A,int} = C_{i,\text{pos}}^{m,0} \sqrt{\frac{\sum_i^{N_{\text{ions}}} C_{i,\text{neg}}^{m,0}}{\sum_i^{N_{\text{ions}}} C_{i,\text{pos}}^{m,0}}} \quad (13)$$

$$C_{i,\text{neg}}^{A,int} = C_{i,\text{neg}}^{m,0} \sqrt{\frac{\sum_i^{N_{\text{ions}}} C_{i,\text{pos}}^{m,0}}{\sum_i^{N_{\text{ions}}} C_{i,\text{neg}}^{m,0}}}$$

Кроме того, можно определить концентрацию на поверхности раздела мембран на основе концентрации на поверхности раздела растворов, используя условие электронейтральности в мембране.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК И ПОТОК ИОНОВ

Предполагается, что при электродиализе полный ток через мембрану переносится только ионами, как показано в уравнении (14) [12]:

$$i = \frac{I}{A} = F \sum_i z_i J_i, \quad (14)$$

где i – плотность тока; I – сила тока; A – площадь поверхности мембраны; F – постоянная Фарадея; J – поток; z – заряд иона, индекс i относится к катионам и анионам.

Плотность тока i может быть связана с удельной проводимостью уравнением (15):

$$i = \kappa \frac{d\varphi}{dz}, \quad (15)$$

где κ – удельная проводимость; φ – электрический потенциал; z – координата направления.

Удельная проводимость κ может быть выражена через удельное электрическое сопротивление, эквивалентную проводимость, скорость миграции ионов или диффузионную способность ионов, как показано в уравнении (16):

$$\kappa = \frac{1}{\rho} = \sum_i |z_i| C_i \lambda_i = F^2 \sum_i |z_i| C_i \frac{D_i}{RT}, \quad (16)$$

где ρ – удельное сопротивление; C – концентрация; F – постоянная Фарадея; λ – эквивалентная проводимость; D – коэффициент диффузии ионов; R – газовая постоянная; T – абсолютная температура; индекс i относится к анионам и катионам.

Введение уравнения Нернста–Планка в уравнение (14) и пренебрежение конвекцией приводит к уравнению (17):

$$i = F^2 \sum_i z_i^2 \frac{C_i D_i}{RT} \left(\frac{RT}{z_i C_i F} \frac{dC_i}{dz} + \frac{d\varphi}{dz} \right), \quad (17)$$

Однако использование уравнений 1 и 17 для определения потоков ионов или тока в растворах электролитов ограничено требованием электронейтральности и сохранения зарядов, которое должно выполняться постоянно в макроскопическом масштабе. В системе, состоящей из мембраны и растворов, необходимо условие электронейтральности для раствора, как показано в уравнении (18) [12]:

$$\sum_i z_i C_i = 0, \quad (18)$$

и для мембраны, как показано в уравнении (19):

$$\sum_i z_i C_i^m + z_{fix} C_{fix}^m = 0. \quad (19)$$

Здесь верхний индекс m относится к ионам в ионообменной мембране, нижний индекс fix относится к зарядам, закрепленным на матрице мембраны, нижний индекс i относится к катионам и анионам.

ЧИСЛА ПЕРЕНОСА И ПРОНИЦАЕМОСТЬ МЕМБРАНЫ

В растворе электролита ток переносится обоими типами ионов. Однако катионы и анионы обычно несут разные части общего тока. В ионообменных мембранах ток переносится преимущественно противоионами. Доля тока, переносимого определенным ионом, выражается числом переноса ионов [22], которое задается уравнением (20):

$$T_i = \frac{|z_i| J_i}{\sum_j |z_j| J_j}, \quad (20)$$

где T_i – число переноса компонента i ; J_i – поток компонента i ; z_i – валентность компонента i , индекс j относится ко всем ионам, участвующим в переносе заряда.

Число переноса T_i указывает на долю общего тока, которая переносится ионом i , сумма чисел переноса всех ионов в растворе равна 1.

В процессе ионообменного мембранного разделения для определения производительности мембраны важным параметром является ее проницаемость. Она описывает степень пропускания мембраной иона одного заряда и удерживания иона противоположного заряда. Проницаемость катионо- и анионообменных мембран может быть определена следующим уравнением (21) [13]:

$$\Psi^{cm} = \frac{T_c^{cm} - T_c}{T_a} \quad \text{и} \quad \Psi^{am} = \frac{T_a^{am} - T_a}{T_c}, \quad (21)$$

где Ψ – проницаемость мембраны; T – число переноса; верхние индексы cm и am относятся к катионо- и анионообменным мембранам, а нижние индексы c и a относятся к катиону и аниону соответственно.

Проницаемость ионообменной мембраны связывает перенос электрических зарядов конкретным противоионом с общим переносом электрических зарядов через мембрану и числом переноса иона в растворе. Идеальная пермселективная катионообменная мембрана пропускала бы только положительно заряженные ионы, т. е. число переноса противоиона в катионообменной мембране $T_c^{cm} = 1$

и пермиселективность $\Psi^{cm} = 1$. Проницаемость приближается к нулю, когда число переноса внутри мембраны равно числу переноса в растворе электролита, то есть для $T_c^{cm} = T_c$ и $\Psi^{cm} = 0$. Для анионообменной мембраны имеет место аналогичное соотношение.

Число переноса определенного иона в мембране пропорционально его концентрации в мембране, а также является функцией его концентрации в растворах, находящихся в равновесии с мембраной, вследствие исключения Доннана [13]. Для одновалентной соли и разбавленного раствора соли и при условии, что коэффициенты активности соли в мембране и растворе равны 1, концентрация со-ионов задается в первом приближении уравнением (22):

$${}^m C_{co} = \frac{{}^s C_s^2}{C_{fix}}, \quad (22)$$

где C – концентрация, нижние индексы co , s и fix относятся к со-ионам, соли и фиксированным в мембране ионам соответственно, верхние индексы s и m относятся к раствору и мембране соответственно.

Уравнение 22 показывает, что концентрация со-ионов в мембране уменьшается с увеличением концентрации соли в растворе и исчезнет, когда концентрация соли в растворе станет равна концентрации ионов, фиксированных в мембране.

ВЫВОДЫ

Обобщая вышесказанное, можно сделать ряд выводов. Существует большое количество работ, использовавших уравнение Нернста–Планка, поскольку оно относительно легко связывается с другими уравнениями, описывающими гидродинамические условия и перенос ионов в окружающих растворах, химические реакции в растворах и мембране, граничные и другие условия. Кроме того, для описания граничного условия используется общее равновесие Доннана.

Уравнение потока Нернста–Планка является удобным инструментом для описания переноса ионов в ионообменных мембранах. Необходимо, однако, понимать, что сделан ряд допущений, таких как коэффициенты активности, которые в практических процессах разделения ионообменных мембран не всегда применимы. Также модель очень чувствительна к диаметру пор и количеству активных пор. Это может быть связано с тем, что данные параметры являются функцией плотности

тока. В настоящее время нет другой очевидной причины для объяснения наблюдаемого поведения. С увеличением плотности тока в мембрану устремляется все больше заряженных ионов, поэтому увеличивается и проводимость мембраны. Изменение диаметра пор и количества активных пор не может быть измерено в условиях переноса. Поведение кластеров пор мембраны при высокой плотности тока может объяснить качественная модель набухания.

При высоких плотностях тока диаметр поровых каналов, вероятно, будет увеличиваться из-за набухания мембраны. Это приводит к увеличению числа активных пор, участвующих в транспорте ионов через мембрану. Считается, что структура мембраны, то есть размер каналов и пористость, оказывает большое влияние на производительность этой мембраны. Следовательно, более глубокое понимание структуры мембран на молекулярном уровне поможет лучше понять перенос ионов в экстремальных условиях эксплуатации, таких как высокая плотность тока.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Mathematical Modeling of Electrodialysis Demineralization Using a Stochastic Model / V.P. Yustratov [et al.] // Theoretical Foundations of Chemical Engineering. 2005. № 39 (3). P. 259–262.
2. Rohman F.S., Aziz N. Mathematical model of ion transport in electrodialysis process // Chem. React. Eng. Catal. 2008. № 3 (1–3). P. 3–8.
3. Psaltis S.T.P., Farrell T.W. Comparing charge transport predictions for a ternary electrolyte using the Maxwell-Stefan and Nernst-Planck equations // Journal of The Electrochemical Society. 2011. № 158 (1). P. A33–A42.
4. Graham E.E., Dranoff, J.S. Application of the Stefan-Maxwell equations to diffusion in ion exchangers. 1. Theory // Industrial & Engineering Chemistry Fundamentals. 1982. № 21 (4). P. 360–365.
5. Nernst–Planck modeling of multicomponent ion transport in a Nafion membrane at high current density / S. Moshtarihah [et al.] // Journal of Applied Electrochemistry. 2016. № 47 (1). P. 51–62.
6. Mauritz K.A. State of understanding of Nafion / K.A. Mauritz, R.B. Moore // Chemical Reviews. 2004. № 104 (10). P. 4535–4586.
7. Schmidt-Rohr K., Chen Q. Parallel cylindrical water nanochannels in Nafion fuel-cell membranes // Nature Materials. 2008. № 7 (1). P. 75–83.
8. Gebel G. Structural evolution of water swollen perfluorosulfonatedionomers from dry membrane to solution // Polymer. 2000. № 41 (15). P. 5829–5838.
9. Verbrugge M.W., Hill R.F. Ion and solvent transport in ionexchange membranes I. A macrohomogeneous mathematical model. // Journal of The Electrochemical Society. 1990. № 137. P. 886–893.

10. Fila V., Bouzek K. A mathematical model of multiple ion transport across an ion-selective membrane under current load conditions // *Journal of Applied Electrochemistry*. 2003. № 33 (8). P. 675–684.
11. Fila V., Bouzek K. The effect of convection in the external diffusion layer on the results of a mathematical model of multiple ion transport across an ion-selective membrane // *Journal of Applied Electrochemistry*. 2008. № 38 (9). P. 1241–1252.
12. Strathmann H. Assessment of Electrodialysis Water Desalination Process Costs // *Proceedings of the International Conference on Desalination Costing, Limassol, Cyprus*. 2004. P. 32–54.
13. Strathmann H. Ion-exchange membrane separation processes // 1st edn. Elsevier, Amsterdam. 2004. 360 p.
14. Sata T. Ion exchange membranes; preparation, characterization, modification and application // *The Royal Society of Chemistry, Cambridge*. 2004. 314 p.
15. Schlögl R. Membrane permeation in systems far from equilibrium // *Berichte der Bunsengesellschaft für physikalische Chemie*. 1966. № 70 (4). P. 400–414.
16. Schlögl R. Stoff transport durch Membranen (Steinkopff, Darmstadt, 1964) // *Google Scholar Ber. Bunsenges. Phys. Chem.* 1966. № 70. 400 p.
17. Multicomponent ion transport in a mono- and bilayer cation-exchange membrane at high current density / S. MoshtariKhah [et al.] // *Journal of Applied Electrochemistry*. 2016. № 47. P. 213–221.
18. Ion and water transport characteristics of Nafion membranes as electrolytes / T. Okada [et al.] // *Electrochimica Acta*. 1998. № 43 (24). P. 3741–3747.
19. O'Brien T.F., Bommaraju T.V., Hine F. *Handbook of Chlor-Alkali Technology: Volume I: Fundamentals* // Springer Science & Business Media. 2007. 1580 p.
20. Meeuwse M. Rotor-stator spinning disc reactor // *Eindhoven University of Technology*. 2011. 128 p.
21. Higa M., Tanioka A., Miyasaka K. Simulation of the transport of ions against their concentration gradient across charged membranes // *Journal of Membrane Science*. 1988. № 37 (3). P. 251–266.
22. Spiegler K., Laird S. A.D.K. *Principles of desalination* // 2nd edition, Academic Press, New York. 1980. 475 p.
- model. Theoretical foundations of chemical engineering, 39(3), 259-262.
2. Rohman, F. S., & Aziz, N. (2008). Mathematical model of ion transport in electro dialysis process. *Bulletin of Chemical Reaction Engineering & Catalysis*, 3(1-3), 3–8.
3. Psaltis, S. T. P., & Farrell, T. W. (2010). Comparing charge transport predictions for a ternary electrolyte using the Maxwell–Stefan and Nernst–Planck equations. *Journal of The Electrochemical Society*, 158(1), A33–A42.
4. Graham, E. E., & Dranoff, J. S. (1982). Application of the Stefan-Maxwell equations to diffusion in ion exchangers. 1. Theory. *Industrial & Engineering Chemistry Fundamentals*, 21(4), 360-365.
5. MoshtariKhah, S., Oppers, N. A. W., de Groot, M. T., Keurentjes, J. T. F., Schouten, J. C., & van der Schaaf, J. (2017). Nernst–Planck modeling of multi-component ion transport in a Nafion membrane at high current density. *Journal of Applied Electrochemistry*, 47(1), 51-62.
6. Mauritz, K. A., & Moore, R. B. (2004). State of understanding of Nafion. *Chemical reviews*, 104(10), 4535-4586.
7. Schmidt-Rohr, K., & Chen, Q. (2008). Parallel cylindrical water nanochannels in Nafion fuel-cell membranes. *Nature materials*, 7(1), 75-83.
8. Gebel, G. (2000). Structural evolution of water swollen perfluorosulfonated ionomers from dry membrane to solution. *Polymer*, 41(15), 5829-5838.
9. Verbrugge, M. W., & Hill, R. F. (1990). Ion and Solvent Transport in Ion-Exchange Membranes: I. A Macrohomogeneous Mathematical Model. *Journal of the Electrochemical Society*, 137(3), 886–893.
10. Fila, V., & Bouzek, K. (2003). A mathematical model of multiple ion transport across an ion-selective membrane under current load conditions. *Journal of Applied Electrochemistry*, 33(8), 675-684.
11. Fila, V., & Bouzek, K. (2008). The effect of convection in the external diffusion layer on the results of a mathematical model of multiple ion transport across an ion-selective membrane. *Journal of Applied Electrochemistry*, 38(9), 1241-1252.
12. Strathmann, H. (2004, December). Assessment of electro dialysis water desalination process costs. In *Proceedings of the International Conference on Desalination Costing, Limassol, Cyprus* (pp. 32-54).
13. Strathmann, H. (2004). Ion-exchange membrane separation processes. Elsevier. 1st edn., Amsterdam, 360 p.
14. Sata, T. (2007). Ion exchange membranes: preparation, characterization, modification and application. *Royal Society of chemistry, Cambridge*, 314 p.
15. Schlögl, R. (1966). Membrane permeation in systems far from equilibrium. *Berichte der Bunsengesellschaft für physikalische Chemie*, 70(4), 400-414.
16. Schlögl, R. (1966). Stofftransport durch Membranen (Steinkopff, Darmstadt, 1964). *Google Scholar Ber. Bunsenges. Phys. Chem*, 70, 400 p.
17. MoshtariKhah, S., Oppers, N. A. W., De Groot, M. T., Keurentjes, J. T. F., Schouten, J. C., & Van der Schaaf, J. (2017). Multicomponent ion transport in a mono-and bilayer cation-exchange membrane at high

Информация об авторах

М. К. Джубари – аспирант кафедры «Технологические процессы, аппараты и техносферная безопасность Технологические процессы, аппараты и техносферная безопасность».

Н. В. Алексеева – доцент кафедры «Технологические процессы, аппараты и техносферная безопасность».

REFERENCES

1. Yustratov, V. P., Pavskii, V. A., Krasnova, T. A., & Ivanova, S. A. (2005). Mathematical modeling of electro dialysis demineralization using a stochastic

current density. Journal of Applied Electrochemistry, 47(2), 213-221.

18. Okada, T., Xie, G., Gorseth, O., Kjelstrup, S., Nakamura, N., & Arimura, T. (1998). Ion and water transport characteristics of Nafion membranes as electrolytes. *Electrochimica Acta*, 43(24), 3741-3747.

19. O'Brien, T. F., Bommaraju, T. V., & Hine, F. (2007). *Handbook of Chlor-Alkali Technology: Volume I: Fundamentals*, Springer Science & Business Media, 1580 p.

20. Meeuwse, M. (2011). Rotor-stator spinning disc reactor, Eindhoven University of Technology, 128 p.

21. Higa, M., Tanioka, A., & Miyasaka, K. (1988). Simulation of the transport of ions against their concentration gradient across charged membranes. *Journal of membrane science*, 37(3), 251-266.

22. Spiegler, K.S., Laird A.D.K. (1980). *Principles of desalination*, 2nd edition, Academic Press, New York, 475 p.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 22.06.2021; одобрена после рецензирования 10.09.2021; принята к публикации 17.09.2021.

The article was received by the editorial board on 22 June 21; approved after editing on 10 Sep 21; accepted for publication on 17 Sep 21.

Information about the authors

M. Q. Gubari – PhD student, Technological processes devices and technosphere safety department, Tambov State Technical University.

N. V. Alekseeva – Associate Professor, Technological processes devices and technosphere safety department, Tambov State Technical University.



Научная статья
05.17.08 – Процессы и аппараты химических технологий (технические науки)
УДК 66.087.97
doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.03.024

ЭЛЕКТРОДИАЛИЗ: ИСТОРИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Владислав Игоревич Быков ¹, Светлана Игоревна Ильина ²,
Владимир Яковлевич Логинов ³, Леонид Владимирович Равичев ⁴,
Алексей Александрович Свитцов ⁵

1, 2, 3, 4, 5 Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия

¹ ilina_rustm@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8535-3299>

² ilina_rustm@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4045-4176>

³ ilina_rustm@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3834-8075>

⁴ ilina_rustm@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4456-5401>

⁵ ilina_rustm@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0428-260X>

Аннотация. Статья посвящена электродиализному разделению, как одному из методов реализации энерго- и ресурсосбережения. В данной статье проведён обзор литературных данных по истории развития электродиализа. В качестве его прототипа рассмотрен процесс электролиза. Показан переход из одного процесса в другой. На основании литературных источников проведен анализ современного состояния и перспектив дальнейшего развития электродиализного разделения. Особое внимание уделяется модернизации конструкций аппаратов, а также внедрению электродиализа в технологические схемы различных отраслей промышленности. Определены основные области применения электродиализа в настоящее время. Отмечено, что в отличие от многих мембранных методов разделения, электродиализ можно применять не только для снижения солесодержания воды, но и для концентрирования, получения кислот и щелочей. Особо выделен процесс электродеионизации, являющийся разновидностью электродиализа и получивший широкое применение в настоящее время. Проведен анализ перспективных направлений использования и развития электродиализа. Для интенсификации процесса предложено использовать различные токовые режимы (например, пульсирующие токи). В качестве ионообменных материалов для изготовления мембран рассматриваются силиконы. Такие предложения позволили бы расширить применение электродиализного разделения.

Ключевые слова: электродиализ, электродеионизация, история, развитие, материалы, мембраны, электроды, токовые режимы.

Для цитирования: Электродиализ: история и перспективы развития / В. И. Быков [и др.]. // Ползуновский вестник. 2021. № 3. С. 179-188. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.03.024.

Original article

ELECTRODIALYSIS: HISTORY AND DEVELOPMENT PROSPECTS

Vladislav I. Bykov¹, Svetlana I. Ilyina², Vladimir Ya. Loginov³,
Leonid V. Ravichev⁴, Aleksey A. Svitzov⁵

^{1, 2, 3, 4, 5} D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia

¹ ilina_rustm@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8535-3299>

² ilina_rustm@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4045-4176>

³ ilina_rustm@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3834-8075>

⁴ ilina_rustm@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4456-5401>

⁵ ilina_rustm@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0428-260X>

Abstract. *The article is devoted to electrodialysis separation as one of the methods for the implementation of energy and resource conservation. This article reviews the literature data on the history of the development of electrodialysis. The electrolysis process is considered as its prototype. The transition from one process to another is shown. Based on the literature, an analysis of the current state and prospects for the further development of electrodialysis separation has been carried out. Particular attention is paid to the modernization of apparatus designs, as well as the introduction of electrodialysis into technological schemes of various industries. The main areas of application of electrodialysis at the present time have been determined. It is noted that, unlike many membrane separation methods, electrodialysis can be used not only to reduce the salt content of water, but also to concentrate and obtain acids and alkalis. The process of electrodeionization, which is a kind of electrodialysis and is widely used at the present time, is especially highlighted. The analysis of promising directions of use and development of electrodialysis is carried out. To intensify the process, it is proposed to use various current modes (for example, pulsating currents). Silicones are considered as ion-exchange materials for the manufacture of membranes. Such proposals would expand the application of electrodialysis separation.*

Keywords: *electrodialysis, electrodeionization, history, development, materials, membranes, electrodes, current modes.*

For citation: Bykov, V. I., Ilyina, S. I., Loginov, V. Ya., Ravichev, L. V. & Svitzov, A. A. (2021). Electrodialysis: history and development prospects. *Polzunovskiy vestnik*, (3), 179-188. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.03.024.

В наше время энергосбережение стало приоритетной задачей, решение которой определяет развитие современных технологий. Одной из таких технологий является мембранное разделение.

Классификация мембранных процессов основана на их основной движущей силе, то есть градиента фактора, который определяет скорость данного процесса. Стоит отметить, что обычно в качестве движущей силы выделяется один параметр (концентрация, давление, температура, разность электрических потенциалов), но на проведение процесса могут влиять одновременно два и даже три выше названных фактора [1, 2]. Это, в свою очередь, существенно усложняет математическое описание процесса, однако такая многопараметричность процесса может существенно расширить сферу его применения. И в этом контексте нужно обратить внимание на такой мембранный процесс, как электродиализ.

Электродиализ – электромембранный процесс, представляющий собой направленный перенос ионов растворенного вещества через ионоселективные проницаемые мембраны под действием электрического тока. Процесс электродиализа является усовершенствованным процессом электролиза, чья история начинается с 19 века. Слово «электролиз» было введено Майклом Фарадеем в 19 веке по предложению преподобного Уильяма Уэвелла с использованием греческих слов $\epsilon\lambda\epsilon\kappa\tau\rho\nu$ – «янтарь», который с 17 века ассоциировался с электрическими явлениями, и $\lambda\upsilon\sigma\iota\varsigma$ – «растворение». Тем не менее, электролиз как инструмент для изучения химических реакций и получения чистых элементов предшествует введению термина и формальному описанию Фарадеем [3].

Одно из первых упоминаний процесса, позже известного как электролиз, относится к

1875 году, когда голландский ученый Мартинус Ван Марум создал электростатический генератор, который использовал для восстановления олова, цинка и сурьмы из их солей.

В конце XVIII – начале XIX века Уильям Николсон и Энтони Карлайл продолжали эксперименты Вольты. В 1800 году ими был проведен эксперимент, в котором к полюсам батареи Вольты были подключены два провода, которые были опущены в трубку, наполненную водой. При этом у каждого из проводов образовывались пузыри, причем у одного – водорода, а у второго – кислорода.

В то же время Хэмфри Дэви проводил предварительные эксперименты электролитического разложения, на основе которых были даны представления об энергиях, необходимых для разложения соединений. В более поздние годы исследований Хэмфри Дэви его помощником стал Майкл Фарадей. Изучая процесс электролиза под руководством Хэмфри Дэви, Майкл Фарадей открыл два закона электролиза: «чрезвычайно важный принцип, что количество воды, разложенной под влиянием электрического тока, в точности пропорционально количеству прошедшего электричества», и «продукты разложения могут быть собраны с такой точностью, что дают превосходное и ценное средство для измерения электричества, участвующего в их выделении» [3].

В 1890 году Е. Майгрот и Дж. Сабатес получили патент на очистку сахарных растворов от солей. Целью их работы была деминерализация сахарного сиропа. Они использовали электродиализный аппарат, собранный из деревянных рам, электродов, изготовленных из угля, а в качестве мембраны использовалась перманганатная бумага. Постоянный электрический ток подавался от динамо-машины. Средний электрод действовал как общий анод. Через анодный отсек заливался сахарный сироп. При включении динамо-машины катионы калия, натрия, магния и кальция уносились электрическим током из анодного отсека в катодный. Это привело к очистке (деминерализации) сахарного сиропа в анодном отсеке. Чтобы предотвратить осаждение труднорастворимых гидроксидов, реакционную среду контролировали с помощью лакмусовой бумаги. Процесс электролиза останавливался, когда лакмусовый индикатор становился синим. Кассель и Кемпе применили этот метод для очистки патоки, сиропов и сахарных растворов. Особенностью их работы было добавление солевого раствора к катодному раствору, что вызвало щелочную реакцию при гидролизе. Это, в

свою очередь, предотвратило гидролиз желаемых продуктов кислотами, образующимися во время анодной реакции [4].

Однако термин «электродиализ» не использовался в рассмотренных выше патентах. Впервые он был предложен в патенте Шоллмейера в 1900 г., целью которого была очистка сахарного сиропа с помощью того же метода, но с использованием растворимых анодов из цинка или железа с одновременным озонированием растворов [5]. Коллрепп и Вольф продолжили использовать термин электродиализ в своем патенте, описывая усовершенствование метода очистки сахарного сиропа за счет растворимости труднорастворимой соли свинца, полученной при использовании растворимого свинцового анода [6].

Развитие электродиализа в начале XX века связано с модификацией применяемых мембран. Сначала использованные мембраны имели небольшую концентрацию фиксированных ионов и, хотя и не были полностью инертны, все еще были очень далеки от современных ионообменных мембран. Новые идеи пришли от биологов Леба и Бейтнера, которые исследовали избирательную проницаемость кожи лица для катионов [7].

В 1910-х гг. XX века Гармсом и Рюмплером был получен первый синтетический ионит путем сплавления цемента, кизельгура и охры. Затем были синтезированы подобные иониты с лучшими свойствами, такие как пермутиты и обработанные угли. Первые ионообменные материалы на основе синтетической смолы были получены существенно позже. Только в 30-х гг. XX века Адамсом и Холмсом были получены ионообменники на полимерной матрице – ионообменные смолы, а позже были получены ионообменные мембраны [8].

МЕТОДЫ

Впервые селективные анионообменные и катионообменные мембраны были использованы Манегольдом и Каоаухом в трехкамерном электродиализном аппарате [9].

Следующим этапом была реализация чередования катионообменных и анионообменных мембран.

В 1940 году Мейером и Штраусом предложен вариант электродиализного разделения, представленный на рисунке 2 [10].

Под воздействием электрического поля, когда через раствор проходит постоянный электрический ток, начинается симметричный процесс. Во время этого процесса катионы движутся к катоду, а анионы – в противоположном направлении к аноду. Например, при

нумерации отсеков слева направо и расположении анода слева, в течение электромиграции к катоду катионы из четных отсеков встречаются на своем пути с анионообменной мембраной, которая разделяет нечетный и четный отсеки. Эта мембрана останавливает дальнейшую миграцию катионов к катоду.

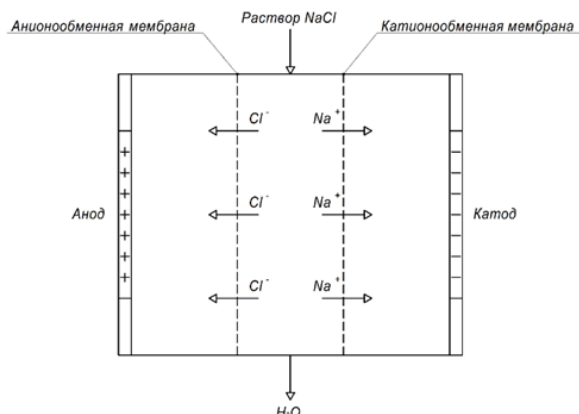


Рисунок 1 – Общая схема трехкамерного электродеализного аппарата

Figure 1 – General diagram of a three-chamber electrodesalination apparatus

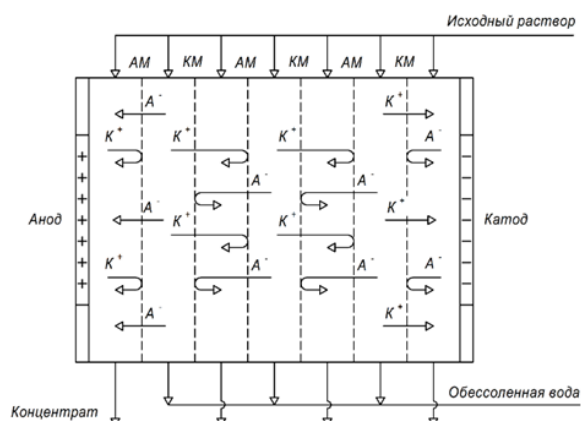


Рисунок 2 – Общая схема процесса электродеализа в многокамерном аппарате

Figure 2 – General scheme of the electrodesalination process in a multichamber apparatus

Следовательно, катионы собираются в растворе в нечетном отсеке. С другой стороны, происходит электромиграция анионов из четного отсека в раствор в нечетном отсеке. Эта электромиграция ограничена наличием проницаемой для катионов мембраны, разделяющей четные и нечетные отсеки. Таким образом, в четных отсеках происходит уменьшение концентрации ионов (обессоливание раствора), а в нечетных – концентрирование ионов (концентрирование раствора).

Многокамерный электродеализ Мейера и

Штрауса позволял проводить концентрацию, а также опреснение растворов электролитов без опасности того, что продукты вступают в химическую реакцию с электродами в электродеализаторе. Еще важно отметить, что для проведения электродных процессов в электродеализаторе с несколькими отсеками требуется такой же расход электроэнергии, что и в устройстве с тремя отсеками. Впоследствии это привело к увеличению количества отсеков в аппарате с чередующимися катионообменными и анионообменными мембранами до сотен мембран и камер.

ОБСУЖДЕНИЕ

Промышленное применение электродеализа началось в 1952–1955 гг., когда появились первые электродеализные установки для опреснения воды.

В 1955–1958 гг. В.С. Титов, А.Б. Пашков и К.М. Салдадзе усовершенствовали этот метод и организовали в г. Щекино Московской области цех по производству гетерогенных катионо- и анионообменных мембран. Гомогенные мембраны в промышленном масштабе были освоены Б.И. Ласкориним, Н.М. Смирновой и М.Н. Гантман.

В 1959 г. была пущена крупная опреснительная станция в г. Велком (ЮАР) производительностью 11000 м³/сут. В 1951–1960 гг. мощность установок дистилляционного опреснения во всем мире составляла 17 000 м³/сут, электродеализных – 400 м³/сут [11].

Однако в 1960 г. А. Лоеб и С. Сурираджан открыли обратноосмотический процесс опреснения морской воды, который позже был реализован в промышленном масштабе, вытесняя процесс электродеализного опреснения. Простота конструкции и меньшая стоимость обратноосмотических аппаратов предопределили предпочтения промышленности на последующие годы [12].

Стоит отметить, что параллельно с развитием электродеализного обессоливания растворов проводились исследования применения электродеализа в других областях.

В 1948 году Е. Хейманом и А.Дж. О’Доннелом была предложена идея электрорегенерации ионитов с помощью заполнения отсеков электродеализатора ионообменными гранулами (рисунок 3, а), которая принципиально расширила первые и оригинальные представления о возможностях электродеализа, позволив в дальнейшем разработать метод электродеионизации [13].

Процесс электродеионизации совмещает в себе преимущества электродеализа и ионного обмена (рисунок 3, б). Данный процесс приме-

няется в промышленности для глубокого обессоливания воды как альтернатива ионообменным фильтрам. Из-за наличия концентрационной поляризации (снижения концентрации перед мембраной) при проведении процесса электродиализа невозможно глубокое обессоливание. При использовании засыпки из ионообменных смол будет происходить процесс ионного обмена катионов и анионов солей на OH^- и H^+ , которыми будет переноситься ток. Одновременно с этим будет происходить диссоциация молекул воды на OH^- и H^+ , вызывающая регенерацию ионообменной смолы. Далее, переходящие в раствор ионы солей под воздействием электрического поля переходят в камеры концентрирования. Требуется отметить, что большая часть затрачиваемой энергии используется на диссоциацию воды и перенос ионов OH^- и H^+ . [14]

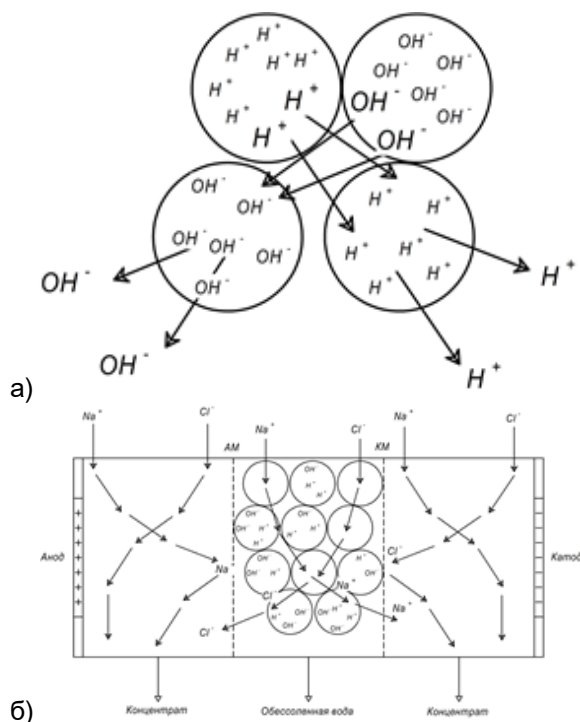


Рисунок 3 – а) Регенерация ионитов;
б) Электродеионизация

Figure 3 – a) Regeneration of ion exchangers;
b) Electrodeionization

Данный метод был впервые использован в 1965 г. Н.П. Гнусиным и В.Д. Гребенюком на лабораторной установке для получения глубокообессоленной воды. Установка была основана на трехсекционном электродиализаторе с засыпкой средней секции смешанным слоем ионообменников. Установка работала в циркуляционном режиме, позволяя получать воду с удельным электросопротивлением 22,4 $\text{МОм}\cdot\text{см}$ [15].

РЕЗУЛЬТАТЫ

В конце 1970-х – начале 1980-х гг. в микроэлектронной промышленности были разработаны и внедрены комплексные установки по получению деионизованной воды производительностью 1, 2 и 10 $\text{м}^3/\text{ч}$. В 1968 г. В.А. Шапошник с сотрудниками создали установку УФЭ-250, позволявшую получать глубокообессоленную воду методом многосекционного прямоточного электродиализа с чередующимися катионообменными и анионообменными мембранами производительностью 250 л/ч. Секции обессоливания электродиализатора также заполняли смешанным слоем ионообменников. В 1980 г. в Воронежском государственном университете была создана установка для электродиализного получения глубокообессоленной воды производительностью 2 $\text{м}^3/\text{ч}$ [16]. В настоящее время электродеионизация является лидером в технологиях получения особо чистой воды.

Другим направлением развития электродиализа является его применение для переработки растворов с получением кислот и щелочей. Это стало возможным при разработке так называемых биполярных мембран. Биполярные мембраны представляют собой двухслойную мембрану из анионообменного и катионообменного слоев. Данные мембраны получают либо с помощью прессования или склейки двух ионообменных мембран, либо введением ионных групп на нейтральную пленку. Данные мембраны имеют уникальную особенность – при их использовании в электрическом поле происходит генерация ионов H^+ и OH^- за счет высокой скорости электролитического разложения воды, которые переносятся в соседние камеры, образуя в них кислоту и щелочь [17].

В 70-х гг. появились первые промышленные биполярные мембраны. Производство гетерогенных биполярных мембран МБ-1, МБ-2 и МБ3 на основе монополярных гетерогенных мембран было налажено Г.З. Нефёдовой и Ю.Г. Фрейдлиным на Производственном Объединении «АЗОТ» (г. Щекино). В эти же годы аналогичные по свойствам гетерогенные биполярные мембраны и превосходящие их по свойствам гомогенные биполярные мембраны были разработаны в США и Японии. С этого момента в СССР, затем в России, а также в США, Японии, Европе, Австралии, ведётся разработка биполярных мембран, исследование их характеристик и разработка процессов, основанных на применении биполярных мембран [18].

В качестве основной области применения биполярных мембран стали рассматривать процессы, в которых используется их способность генерировать ионы водорода и гидроксила при пропускании через мембрану электрического тока. Другие области применения биполярных мембран казались не столь перспективными. В то же время способность биполярных мембран разделять одно-, двух- и трехзарядные ионы получила дальнейшее развитие при создании зарядселективных мембран. Перспективным также оказалось использование биполярных мембран в качестве протон-проводящего электролита в метанольных топливных элементах [19].

Таким образом, помимо обессоливания растворов, электродиализ нашел применение в других областях. Стоит отметить, что в некоторых случаях применяется электродиализное опреснение, так как является более выгодным в сравнении с другими методами. Также в электродиализных аппаратах за счет организации потоков возможно проведение концентрирования. А именно, если в камеру концентрирования во время процесса не прокачивать раствор, то она будет заполняться только за счет раствора, проникающего туда через мембрану. Дальнейшая его переработка будет гораздо менее энергозатратна, так как образующиеся в камере концентрирования рассолы имеют высокую концентрацию растворенных солей. В качестве примера промышленного использования можно привести получение поваренной соли из морской воды [20].

Стоит отметить, что в последнее время интенсивно ведутся исследования по обратному электродиализу, а именно, получение электрического тока при прокачивании через электродиализный модуль растворов электролитов различной концентрации – к примеру, морской и речной воды (рисунок 4) [21]. Под действием диффузии в модуле создается направленный ток ионов, и на электродах возникает разность потенциалов. На данном этапе развития данный процесс нерентабелен, так как затраты электроэнергии на подачу растворов в аппарат превышают получаемую. Однако в будущем, при развитии ионообменных мембран и конструкции аппаратов, данный процесс может стать одним из источников возобновляемой энергии.

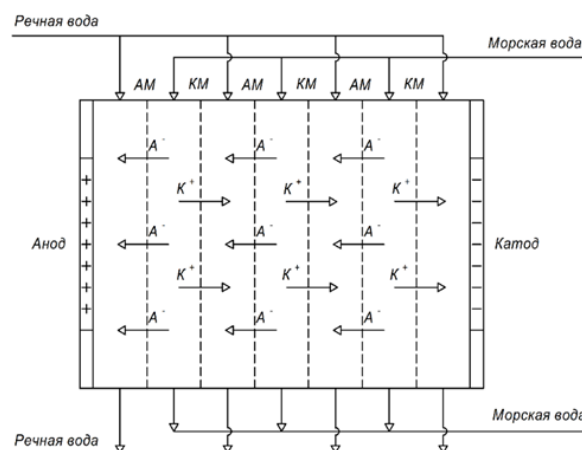


Рисунок 4 – Схема обратного электродиализа

Figure 4 – Scheme of reverse electrodiolysis



Рисунок 5 – Направления развития электродиализа

Figure 5 – Directions of development of electrodiolysis

Анализ истории развития электродиализа также показывает пути его дальнейшего развития. На рисунке 5 схематично можно изобразить направления развития электродиализа. Знаком (*) авторы отмечают свои предложения в данной схеме. Это, конечно же, не исключает других вариантов модернизации организации процесса, а также усовершенствования аппаратов для электродиализного разделения.

К использованию и разработке материалов можно отнести и материалы электродов, и материалы мембран.

При электродиализе, как и электролизе, используются инертные электроды. На данный момент в качестве анода применяются титановые и платиновые электроды, а в качестве катода – титановые, медные, латунные, цинковые. Важными исследованиями являются изучение электродов на основе углеродных материалов. Данные электроды показывают лучшие свойства при использовании реверсивного электродиализа, поскольку периодическое изменение полярности позволяет электроду заряжаться и разряжаться, не достигая состояния, в котором происходят реакции переноса заряда, и тем самым имеют более высокий КПД [22].

Как ранее отмечалось, получение катионообменных и анионообменных мембран на основе ионообменных смол позволило существенно расширить спектр применения электродиализа. В настоящее время одним из направлений исследований является модификация поверхности ионообменных мембран, располагаемой к обессоливаемому раствору (рисунк 6).

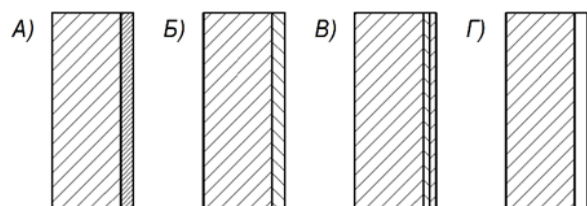


Рисунок 6 – Типы модификации поверхности: а) высокая степень сшивки; б) заряды, противоположные заряду мембраны; в) многослойная структура; г) нейтральные полимеры

Figure 6 – Types of surface modification: a) high degree of crosslinking; b) charges opposite to the charge of the membrane; c) multilayer structure; d) neutral polymers

Нанесение поверхностного слоя с высокой степенью сшивки (а) основано на разли-

чий радиусов гидратированных ионов и направлено на улучшение селективности Na^+/Ca^{2+} [23].

Использование тонкого противоположно заряженного слоя (б) направлено на улучшение селективности по одновалентным ионам. Метод основан на более сильном электростатическом отталкивании многовалентных ионов по сравнению с одновалентными. Данный метод используется для получения $NaCl$ из морской воды [24].

Многослойная структура (в) способствует переносу ионов с меньшим зарядом и является усовершенствованным методом с противоположно заряженным слоем. Принцип работы показан на рисунке 7 [25].

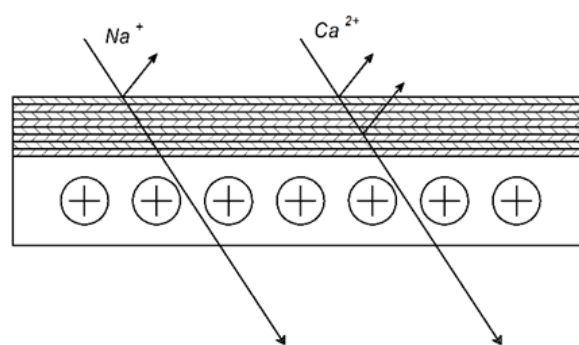


Рисунок 7 – Изменение селективности в мембране с многослойной структурой

Figure 7 – Change in selectivity in a membrane with a multilayer structure

Наличие слоев из нейтральных полимеров (г), также, как и слоев с высокой степенью сшивки, основано на различии радиусов ионов, и направлено на улучшение селективности по одновалентным ионам [26].

Также проводятся исследования добавления различных наночастиц в матрицу ионообменной мембраны. Добавление наночастиц кремнезема SiO_2 , оксида титана TiO_2 , оксида алюминия Al_2O_3 , оксида железа Fe_2O_3 , оксида цинка ZnO и цеолита показывают увеличение селективности и проницаемости [27].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ / ВЫВОДЫ

Таким образом, в основном происходит развитие полимерных ионообменных мембран, однако их термическая нестабильность накладывает свои ограничения. Путем решения могло быть создание мембран на основе неорганических соединений. Из литературных источников видно, что такие попытки бы-

ли предприняты еще в начале XX-го века. Однако за прошедший период были получены новые материалы с улучшенными характеристиками, и их применение могло бы конкурировать с традиционными.

Например, мембраны из фосфата циркония и гидроксида тория относительно полимерных мембран показывают термическую стойкость при температуре 60 °С (при данной температуре происходит деформация полимерных мембран), примерно равное электрическое сопротивление, но меньшие числа переноса и предельную плотность тока [28].

Мы предполагаем, что перспективными материалами для изготовления ионообменных мембран могут являться силиконы. Материалы на основе сшитых силиконовых каучуков уже имеют применение в процессах мембранного разделения. Их температурная устойчивость позволит проводить электродиализное разделение в более широком температурном диапазоне с минимальным влиянием на эксплуатационные свойства. Из-за химической стойкости и устойчивости к воздействию внешних факторов, такие мембраны по своим механическим свойствам будут превосходить традиционные ионообменные мембраны, изготовленные из углеродных полимеров, и иметь больший срок эксплуатации [29].

Еще одним путем развития является организация потоков и последовательность чередования мембран. Выше был приведен пример по организации концентрирования в электродиализном аппарате. Также в электродиализаторе можно проводить вместе с разделением корректировку pH [30], а также разделение одновалентных ионов.

Кроме этих направлений стоит отметить, что есть еще одна важная составляющая, а именно, токовые режимы.

Традиционно процесс электродиализа проводится при постоянном токе. В 1970-е гг. был реализован принцип кратковременного использования тока обратной полярности, названного реверсивным электродиализом, при котором меняются камеры концентрирования и обессоливания и происходит самоочистка мембран и аппаратов, что позволяет исключить независимый контур промывки.

В последнее время стали проводиться исследования по проведению процессов при нестационарных токовых режимах: несимметричном переменном и пульсирующем токе. Существуют исследования влияния частоты на скорость разделения при ассиметричном переменном [31] и пульсирующем токе [32], причем максимальная эффективность наблюдается при резонансных частотах [33].

Авторами проводятся исследования проведения электродиализного разделения при пульсирующем токе [34, 35]. Такой метод позволит интенсифицировать процесс, что, как мы надеемся, приведет к расширению области применения электродиализа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хванг С.-Т., Каммермейер К., Дытнерский Ю.И. Мембранные процессы разделения. Москва : Химия», 1981.
2. Дытнерский Ю.И. Мембранные процессы разделения жидких смесей. Москва : «Химия», 1975.
3. Kerker M. (1986). Classics and classicists of colloid and interface science // *Journal of Colloid and Interface Science*. 112 (1). 302–305.
4. Maigrot E., Sabates J. (1890). Apparat zur Läuterung von Zuckersiften mittels Elektrizität. Germ. Patent Number 50443.
5. Schollmeyer G. (1902). Reinigung von Zuckersäften durch Elektrodialyse und mit Ozon. Germ. Pat. № 136670.
6. Kollrepp A., Wolf A. (1902). Verfahren zur elektrolytischen Reinigung zuckerhaltiger Leistungen unter Zusatz leicht angreifbarer Blei- oder Zinkverbindungen. Germ. Pat. № 136670.
7. Loeb J., Beutner R. (1913). *Biochem Zeitschrift*.
8. Гельферих Ф. Иониты. Основы ионного обмена. Москва : Изд-во иностр. лит-ры, 1962. 492 с.
9. Manegold E., Kalauch C. (1939). *Kolloid Zeitschrift*.
10. Meyer K.H., Strauss W. (1940). La permeabilité des membranes VI, Sur la passage du courant électrique a travers des membranes selectives. *Helvetica Chimica Acta*, 23, 795-800.
11. Ильина С.И. Электромембранные процессы. Москва : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2013.
12. Салдадзе К.М., Пашков А.Б., Титов В.С. Ионообменные высокомолекулярные соединения. Москва : ГХИ, 1960.
13. Heymann E. & O'Donnell I.J. (1949). *Journal of Colloid Science*, 4, 405–416.
14. Alvarado L., Chen, A. (2014). Electrodeionization: Principles, Strategies and Applications. *Electrochimica Acta*, 132, 583–597.
15. Zabolotsky V.I., Nikonenko V.V., Pismenskaya N.D. & Istoshin A.G. (1996). Electrolysis technology for deep demineralization of surface and ground water. *Desalination*, 108, 179–181.
16. Деминерализация воды электродиализом с применением межмембранной засыпки секций ионитами / В.А. Шапошник [и др.]. // Журнал прикладной химии. 1973. Т. 46. № 12. С. 2659–2663.
17. Шельдешов Н.В., Заболоцкий В.И. Биполярные ионообменные мембраны. Получение. Свойства. Применение. Мембраны и мембранные технологии. Москва : Научный мир, 2013.
18. Нефедова Г.З., Климова З.Г., Сапожникова Г.С. Ионитовые мембраны. Грануляты. Порошки. Москва : НИИТЭХИМ, 1977.
19. Sata T. (1972). Monovalent cation permselective exchange membrane. *Kolloid-Zeitschrift und Zeitschrift für Polymere*, 250, 980.

20. Пилат Б.В. Основы электродиализа. Москва : Аваллон, 2004. 456 с.

21. Щедрин П.А., Вегель Д.А., Ильина С.И. Получение электроэнергии методом обратного электродиализа // Радиотехника, электротехника и энергетика. 2020. Т. 26. С. 478.

22. Najmiyah T.W., Aziyah L., Hendrawan Y., Maharani D.M., Hawa L.C. & Wibisono Y. (2018). Low cost carbon electrodes to produce salinity gradient energy using reverse electrodialysis membranes: Effect of feed flow velocities and addition of Mg²⁺. *MATEC*, 197.

23. Sata T., Sata T., Yang W. (2002). Studies on cation-exchange membranes having permselectivity between cations in electrodialysis. *Journal of Membrane Science*, 206 (1–2), 31–60.

24. Le X.T., Viel P. (2010). Diazonium-induced anchoring process: an application to improve the monovalent selectivity of cation exchange membranes. *Journal of Materials Chemistry*, 20, 3750–3757.

25. Farhat T.R., Schlenoff J.B. (2001). Ion transport and equilibria in polyelectrolyte multilayers. *Langmuir*, 1184–1192.

26. Sata T. (2000). Studies on anion exchange membranes having permselectivity for specific anions in electrodialysis – effect of hydrophilicity of anion exchange membranes on permselectivity of anions. *Journal of Membrane Science*, 167(1), 1–31.

27. Alabi A., Al Hajaj A., Cseri L., Szekely G., Budd P. & Zou L. (2018). *Review of nanomaterials-assisted ion exchange membranes for electromembrane desalination*. Clean Water.

28. Rajan K.S., Boies D.B., Casolo A.J. & Bregman J.L. (1966). Inorganic ion-exchange membranes and their application to electrodialysis. *Desalination*, 1(3), 231–246.

29. Титов А.А., Ильина С.И. Альтернативные материалы для ионообменных мембран // Сборник статей по материалам СХСХVI Международной научно-практической конференции «Молодой исследователь: вызовы и перспективы». 2021. С. 576–581.

30. Ильина С.И. Процессы обессоливания и концентрирования в однопоточных электродиализаторах // Диссертация кандидата технических наук: 05.17.08. М., 2001. 112 с.

31. Городовых В.Е., Образцов С.В., Каплин А.А. Методы глубокой электрохимической очистки воды на переменном асимметричном токе. Томск, 1986. С. 88–96.

32. Дытнерский Ю.И., Еременко М.Г., Моргунова Е.П. Использование асимметричного переменного тока для мембранного разделения растворов // Хим. промышленность. 1988. № 8. С. 473–474.

33. Жилинский В.В. Электрохимическая очистка сточных вод и водоподготовка. М. : Белорусский государственный технологический университет, 2013. 191 с.

34. Исследование нестационарного электродиализа / В.И. Быков [и др.]. // Успехи в химии и химической технологии. 2020. Т. 34. № 3. С. 17–19.

35. Быков В.И., Салтыков Б.В., Логинов В.Я. Исследование скорости электродиализного разделения подбором формы и частоты пульсирующего тока

// Радиотехника, электротехника и энергетика. 2020. Т. 26. С. 486.

Информация об авторах

В. И. Быков – аспирант кафедры «Процессы и аппараты химической технологии» Российского химико-технологического университета им. Д.И. Менделеева.

С. И. Ильина – к.т.н., доцент кафедры «Процессы и аппараты химической технологии» Российского химико-технологического университета им. Д.И. Менделеева.

В. Я. Логинов – к.т.н., доцент кафедры «Процессы и аппараты химической технологии» Российского химико-технологического университета им. Д.И. Менделеева.

Л. В. Равичев – д.т.н., заведующий кафедрой «Процессы и аппараты химической технологии» Российского химико-технологического университета им. Д.И. Менделеева.

А. А. Свитцов – к.т.н., доцент кафедры мембранной технологии Российского химико-технологического университета им. Д.И. Менделеева.

REFERENCES

1. Hwang, S. & Kammermeyer, K. (1975). Membrane in Separations. *Techniques of Chemistry Series*, 7. N.Y.: John Wiley & Sons.

2. Dytner, Yu.I. (1975). *Membrane processes of division of liquid mixes*. Moscow, Chemistry, 232 p.

3. Kerker, M. (1986). Classics and classicists of colloid and interface science. *Journal of Colloid and Interface Science*, 112(1), 302–305.

4. Maigrot, E., Sabates, J. (1890). Apparat zur Läuterung von Zuckersiften mittels Elektrizität. *Germ. Patent Number* 50443.

5. Schollmeyer, G. (1902). Reinigung von Zuckersäften durch Elektrodialyse und mit Ozon. *Germ. Pat. №* 136670.

6. Kollrepp, A., Wolf, A. (1902). Verfahren zur elektrolytischen Reinigung zuckerhaltiger Leistungen unter Zusatz leicht angreifbarer Blei- oder Zinkverbindungen. *Germ. Pat. №* 136670.

7. Loeb, J., Beutner, R. (1913). *Biochem Zeitschrift*.

8. Gelferich, F. (1962). *Ionita: The Foundations of Ion Exchange*. M. : Publishing house of foreign literature.

9. Manegold, E., Kalauch, C. (1939). *Kolloid Zeitschrift*.

10. Meyer, K.H., Strauss, W. (1940). La permeabilite des membranes VI, Sur la passage du courant électrique a travers des membranes selectives. *Helvetica Chimica Acta*, 23, 795–800.

11. Ilina, S.I. (2013). *Electromembrane process*. Moscow: Russian Chemical Technical University named after D.I. Mendeleev.

12. Saldadze, K.M., Pashkov, A.B. & Titov, V.S. (1960). *Ionoob-mennye Vysokomolekulyarnye Soyedineniya*. Leningrad: Goskhim-izdat.

13. Heymann, E. & O'Donnell, I.J. (1949). *Journal of Colloid Science*, 4, 405–416.

14. Alvarado, L., Chen, A. (2014). Electrodeionization: Principles, Strategies and Applications. *Electrochimica Acta*, 132, 583-597.
15. Zabolotsky, V.I., Nikonenko, V.V., Pismenskaya, N.D. & Istoshin, A.G. (1996). Electrodialysis technology for deep demineralization of surface and ground water. *Desalination*, 108, 179-181.
16. Shaposhnik, V.A., Reshetnikova, A.K., Zolotareva, R.I. & Isaev, N.I. (1973). Demineralization of water by electrodialysis using intermembrane filling of sections with ionites. *Russian Journal of Applied Chemistry*, 46(12), 2659-2663.
17. Sheldeshov, N.V. & Zabolotsky, V.I. (2013). Bipolar ion exchange membranes. Receiving. Features. Application. Membranes and membrane technologies. Moscow: Scientific World.
18. Nefedova, G.Z., Klimova, Z.G. & Sapozhnikova, G.S. (1977). The Ionite Membranes, Granulates, and Powders: A Catalogue. Moscow: NIITEKhim.
19. Sata, T. (1972). Monovalent cation permselective exchange membrane. *Kolloid-Zeitschrift und Zeitschrift für Polymere*, 250, 980.
20. Pilat, B.V. (2004). *Fundamentals of Electrodialysis*. Moscow: Avvalon.
21. Shedrin, P.A., Vogel, D.A. & Iliina, S.I. (2020). Electric power generation by reverse electrodialysis. *Radio engineering, electrical engineering and power engineering*, 26, 478.
22. Najmiyah, T.W., Aziyah, L., Hendrawan, Y., Maharani, D.M., Hawa, L.C. & Wibisono, Y. (2018). Low cost carbon electrodes to produce salinity gradient energy using reverse electrodialysis membranes: Effect of feed flow velocities and addition of Mg²⁺. *MATEC*, 197.
23. Sata, T., Sata, T., Yang, W. (2002). Studies on cation-exchange membranes having permselectivity between cations in electrodialysis. *Journal of Membrane Science*, 206(1-2), 31-60.
24. Le, X.T., Viel, P. (2010). Diazonium-induced anchoring process: an application to improve the monovalent selectivity of cation exchange membranes. *Journal of Materials Chemistry*, 20, 3750-3757.
25. Farhat, T.R., Schlenoff, J.B. (2001). Ion transport and equilibria in polyelectrolyte multilayers. *Langmuir*, 1184-1192.
26. Sata, T. (2000). Studies on anion exchange membranes having permselectivity for specific anions in electrodialysis – effect of hydrophilicity of anion exchange membranes on permselectivity of anions. *Journal of Membrane Science*, 167(1), 1-31.
27. Alabi, A., Al Hajaj, A., Cseri, L., Szekely, G., Budd, P. & Zou, L. (2018). Review of nanomaterials-assisted ion exchange membranes for electromembrane desalination. *Clean Water*.
28. Rajan, K.S., Boies, D.B., Casolo, A.J. & Bregman, J.L. (1966). Inorganic ion-exchange membranes and their application to electrodialysis. *Desalination*, 1(3), 231-246.
29. Titov, A.A. & Iliina, S.I. (2021). Alternative materials for ion exchange membranes. *Collection of articles based on the materials of the CXCVI International Scientific and Practical Conference " Young Researcher: Challenges and Prospects*, 576-581.
30. Iliina, S.I. (2001). Desalination and concentration processes in single-flow electrodialysts. Ph.D.: 05.17.08. Moscow.
31. Gorodovyykh, V.E., Obrastsov, S.V. & Kaplin, A.A. (1986). *Methods of deep electrochemical water purification at an alternating asymmetric current*. Tomsk, 88-96.
32. Dytnerky, Yu.I., Eremenko, M.G. & Morgunova, E.P. (1988). Use of asymmetric alternating current for membrane separation of solutions. *Chemical Industry*, 8, 473-474.
33. Zilinsky, V.V. (2013). Electrochemical wastewater treatment and water treatment. Moscow: Belarusian State Technological University.
34. Bykov, V.I., Shedrin, P.A., Iliina, S.I., Loginov, V.Ya. & Svitsov, A.A. (2020). Research of non-stationary electrodialysis. *Advances in Chemistry and Chemical Technology*, 34(3), 17-19.
35. Bykov, V.I., Saltykov, B.V. & Loginov, V.Ya. (2020). Investigation of the rate of electrodialysis separation by selecting the shape and frequency of the pulsating current. *Radio engineering, electrical engineering and power engineering*, 26, 486.

Information about the authors

V. I. Bykov – post-graduate student of the Department of Processes and Apparatus of Chemical Technology, D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia.

S. I. Ilyina – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Processes and Apparatus of Chemical Technology, D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia.

V. Ya. Loginov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Processes and Apparatus of Chemical Technology, D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia.

L. V. Ravichev – Doctor of Technical Sciences, Head of the Department of Processes and Apparatus of Chemical Technology, D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia.

A. A. Svitsov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Membrane Technology, D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 21.06.2021; одобрена после рецензирования 10.09.2021; принята к публикации 20.09.2021.

The article was received by the editorial board on 21 June 21; approved after reviewing on 10 Sep 21; accepted for publication on 20 Sep 21.



Научная статья

05.17.06 Технология и переработка полимеров и композитов (технические науки)

05.16.09 Материаловедение (по отраслям) (технические науки)

УДК 579.6, 663.18

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.03.025

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ФАКТОРОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА МЕХАНИЗМ БИОЗАРАЖЕНИЯ ТЕКСТОЛИТОВ В УСЛОВИЯХ ОТКРЫТОЙ ЭКОСИСТЕМЫ

Лариса Анатольевна Ерофеевская¹, Анатолий Константинович Кычкин²,
Айсен Анатольевич Кычкин³, Александр Александрович Габышев⁴

^{1, 2, 3, 4} Федеральный исследовательский центр «Якутский научный центр СО РАН», Якутск, Россия

¹ Обособленное подразделение ФИЦ «ЯНЦ СО РАН» Институт проблем нефти и газа СО РАН

^{2, 3, 4} Обособленное подразделение ФИЦ «ЯНЦ СО РАН» Институт физико-технических проблем Севера им. В. П. Ларионова СО РАН

¹ lora-07.65@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6864-7984>

² kychkinplasma@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5276-5713>

³ icen.kychkin@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1540-8140>

⁴ pilp77@mail.ru

Аннотация. Исследованы факторы окружающей среды, влияющие на механизм биозаражения полимерных композиционных материалов (стеклотекстолита, базальто-текстолита) при экспозиции в условиях открытой экосистемы. В лабораторно-полевых опытах установлена связь между влиянием различных факторов окружающей среды и микробной контаминации на характер биозаражения полимерных композитов при их экспонировании на открытом полигоне в условиях холодного климата. Показано, что окружающие факторы могут оказывать влияние на состояние и жизнедеятельность микробиоценоза, вызывающего биозаражение полимерных материалов. Показано, что циркуляция в почвенном субстрате плесневых грибов может являться причиной контаминации атмосферного воздуха и материалов, контактирующих с почвой грибными спорами, которые при благоприятных условиях могут прорасти и вызывать биоповреждения полимерных композитов, экспонируемых в условиях открытой экосистемы. Показано, что не каждый микроорганизм, попавший из почвы на поверхность полимерных композиционных материалов, может плотно прикрепляться и затем внедряться в поры или микротрещины, провоцируя их разрушение. Полученные результаты микробиологических исследований вносят вклад в научное обоснование оптимального ресурса использования ПКМ в экстремальных природно-климатических условиях Севера. Выделенные в процессе испытаний микроорганизмы могут служить основой для создания моделей микробных консорциумов, в качестве фунгицидных добавок к полимерным составам, которые могут быть использованы для разработки полимерных композитов, адаптированных к северным условиям.

Ключевые слова: микроорганизмы, полимерные композиционные материалы, биодegradация, почва, воздух, температура, биологические факторы, контаминация, экосистема.

Благодарности: Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (Тема № 0297-2021-0041).

Для цитирования: Исследование влияния факторов окружающей среды на механизм биозаражения текстолитов при экспозиции в условиях открытой экосистемы / Л. А. Ерофеевская [и др.]. // Ползуновский вестник. 2021. № 3. С. 189–200. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.03.025.

Original article

RESEARCH OF THE INFLUENCE OF ENVIRONMENTAL FACTORS ON THE MECHANISM OF TEXTOLITHIC BIOLOGY IN THE CONDITIONS OF THE OPEN ECOSYSTEM

Larisa A. Erofeevskaya¹, Anatoly K. Kychkin², Aisen A. Kychkin³, Aleksandr A. Gabishev⁴

^{1, 2, 3, 4} Federal Research Centre "The Yakut Scientific Centre of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences"

¹ Institute of Oil and Gas Problems, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences.

^{2, 3, 4} V.P. Larionov Institute of Physical and Technical Problems of the North, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences

¹ lora-07.65@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6864-7984>

² kychkinplasma@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5276-5713>

³ icen.kychkin@mail.ru, , <https://orcid.org/0000-0003-1540-8140>

⁴ pilp77@mail.ru

Abstract. *The environmental factors influencing the mechanism of bioinfection of polymer composite materials (fiberglass, basalt textolite) during exposure in an open ecosystem have been investigated. In laboratory and field experiments, a relationship was established between the influence of various environmental factors and microbial contamination on the nature of bioinfection of polymer composites when they are exposed in an open area in a cold climate. It is shown that environmental factors can affect the state and vital activity of the microbial community, which causes bioinfection of polymeric materials. It is shown that the circulation of molds in the soil substrate can be the cause of contamination of atmospheric air and materials in contact with the soil with fungal spores, which, under favorable conditions, can germinate and cause biodeterioration of polymer composites exposed in an open ecosystem. It was shown that not every microorganism that got from the soil to the surface of polymer composite materials can tightly attach and then penetrate into pores or microcracks, provoking their destruction. The obtained results of microbiological studies contribute to the scientific substantiation of the optimal resource for using PCM in the extreme natural and climatic conditions of the North. Microorganisms isolated in the process of testing can serve as a basis for creating models of microbial consortia, as fungicidal additives to polymer compositions, which can be used to develop polymer composites adapted to northern conditions.*

Keywords: *microorganisms, polymer composite materials, biodegradation, soil, air, temperature, biological factors, contamination, ecosystem.*

Acknowledgements: *The work was performed within the framework of the state assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (Topic No. 0297-2021-004).*

For citation: Erofeevskaya, L. A., Kychkin, A. K., Kychkin, A. A. & Gabishev, A. A. (2021). Research of the influence of environmental factors on the mechanism of textolithic biology in the conditions of the open ecosystem. *Polzunovskiy vestnik*, 3, 189-200. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.03.025.

ВВЕДЕНИЕ

Условия окружающей среды (ОС) являются определяющим фактором в микробной контаминации и механизме биодegradации полимерных композиционных материалов (ПКМ) при их эксплуатации в условиях открытой экосистемы.

Для разнообразных групп микроорганизмов оптимальные факторы (температура, pH,

условия аэрации, водообмен, солнечная радиация и т.д.), влияющие на жизнедеятельность, дифференцируются. Так, плесневые грибы предпочитают подкисленные, влажные и теплые субстраты [1]. А большинство актинобактерий, в частности *Nocardia*, хоть и кислотоустойчивы, однако лучше развиваются в щелочной среде [2]. Некоторые виды микроорганизмов могут осуществлять жизнедеятельность в присутствии токсических продуктов

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ФАКТОРОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА МЕХАНИЗМ БИОЗАРАЖЕНИЯ ТЕКСТОЛИТОВ В УСЛОВИЯХ ОТКРЫТОЙ ЭКОСИСТЕМЫ

разложения твердых бытовых отходов [3]. В условиях токсического влияния нефтяных углеводородов могут развиваться как бактериальные, так и грибные формы, многие из которых могут осуществлять метаболизм после влияния на них экстремально низких температур ОС в течение длительного времени [4–7]. Способность некоторых штаммов рода *Vacillus* выдерживать высокие или низкие температуры и высокие или низкие значения pH сделала их важными источниками получения коммерческих препаратов [8].

Ещё недавно считалось, что биodeградация возможна только в интервале температур плюс 20–40 °С, но в реальности температура может быть гораздо ниже [9]. Само же понятие биodeградация может быть определена, как изменение химической структуры полимера вследствие действия биологических факторов, таких как почвенные бактерии, плесневые грибы, атмосферные микроорганизмы, физических – ультрафиолетовое излучение и химических – реагенты в водных средах [10].

В совокупности физические и биологические факторы активируют процессы деградации полимерных компонентов, в результате чего образуются более простые органические структуры, легко усваивающиеся микробным сообществом, адсорбированным на композициях. В идеальных условиях, в процессе метаболизма и при участии ферментного аппарата, бактерии и микромицеты могут разрушать материалы и их компоненты до углекислого газа и воды, оставляя в качестве конечных продуктов безвредную для окружающей среды микробную биомассу, которую уже утилизируют другие микроорганизмы.

Таким образом, процессы биodeградации ПКМ могут включаться в круговорот естественных природных биосистем.

Цель настоящей работы заключалась в изучении связей влияния факторов окружающей среды и микробной контаминации на характер биозаражения ПКМ при их эксплуатации в условиях открытой экосистемы. Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

1. Исследовать на микробиологические показатели объекты ОС (почву, атмосферный воздух, снежный покров) территории открытого полигона климатических испытаний в городе Якутске, где экспонируются различные опытные образцы ПКМ.

2. Провести первичный скрининг микроорганизмов-возбудителей биозаражений опытных образцов ПКМ, экспонируемых в условиях открытой экосистемы полигона.

3. Исследовать влияние выделенных

микроорганизмов на структуру и свойства ПКМ в результате естественного и искусственного биозаражения опытных образцов.

4. Установить виды микроорганизмов, способных приживаться внутри опытных образцов ПКМ; изучить характер биозаражения ПКМ под влиянием микроорганизмов и различных факторов ОС.

МЕТОДЫ

Материалом для исследований служили опытные образцы биоповрежденных и неповрежденных ПКМ, экспонируемых на открытом полигоне климатических испытаний в городе Якутск. Для изучения влияния факторов ОС на процессы контаминации и биозаражения ПКМ исследованы образцы почвы, снежного покрова и атмосферного воздуха, отобранные с территории полигона. Всего на микробиологические показатели отобраны 24 образца пластин базальтотекстолита и стеклотекстолита, 41 смыв с фрагментов опытных образцов ПКМ, экспонируемых на открытом полигоне, 5 проб почвы, 5 проб атмосферного воздуха, 5 проб снежного покрова.

Отбор почвенных образцов проводили методом конверта по общепринятым методикам с соблюдением условий стерильности (ГОСТ 17.4.3.01-2017; ГОСТ 17.4.4.02-2017).

Снежный покров отбирали с соблюдением асептических условий подобно отбору почвенных проб методом конверта с поверхностного слоя 0–5 см и ближе к приземному слою 20–25 см.

При взятии проб атмосферного воздуха использован седиментационный метод. Для этого чашки Петри располагали на уровне около 1–1,5 м от поверхности почвы. Каждая проба отбиралась в трехкратной повторности на агаризованные питательные среды Чапека, Сабуро и мясо-пептонный агар (МПА). В лабораторных условиях чашки инкубировали при температуре +10 °С и +25 °С. Выбор данных температур инкубации был обусловлен целенаправленностью исследования микроорганизмов, в том числе, микроскопических грибов, относящихся к мезофилам и психротрофам.

Методы лабораторных исследований микроорганизмов включали: выделение в культуру, идентификация и исследование чистых культур микроорганизмов биохимическим методом, микроскопию.

В качестве основных параметров изучали интегральные показатели численности и биомассы микроорганизмов; индексы разнообра-

зия микробных сообществ; морфолого-культуральные признаки колоний.

Для исследования ростовых характеристик использовали классические методы культивирования: изучение скорости роста на элективных и дифференциально-диагностических питательных средах.

Идентификацию бактерий и микроскопических грибов осуществляли по общепринятым в микробиологии методам [11–14].

Грибостойкость ПКМ определяли в соответствии с общепринятыми методами [15, 16].

В работе использован лабораторный поляризованный микроскоп Axiolab Pol, производства фирмы "Карл Цейсс" Германия, объектив N-Achromat 5x/0,13 (цветовой код – красный, свободное рабочее расстояние (FOD) – 11,2 мм). Числовая апертура $\times 1000$. Максимальное полезное увеличение микроскопа – 130000 и биологический микроскоп «Biomed-3» с увеличением от 40 до 1000 крат.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Краткая физико-географическая характеристика места проведения исследований.

Город Якутск расположен в Центральной части Республики Саха (Якутия), в долине Туймаада, на левом берегу реки Лены, в среднем её течении, несколько севернее параллели 62 градуса северной широты (координаты: 62°01'38" с.ш. 129°43'55" в.д. (G) (O) (Я)), вследствие чего в летнее время наблюдается длительный период «белых ночей», а зимой (в декабре) – светлое время суток длится всего 3–4 часа.

Климат Якутска резко континентальный, с небольшим количеством осадков. Годовая амплитуда Якутска – одна из наибольших на планете, примерно равна годовой амплитуде «полюсов холода» – Оймякона и Верхоянска, и превышает 100 °С (102,8 °С).

Максимальное количество осадков приходится на летний сезон (июнь–август) – 35–39 мм.

Средняя максимально низкая температура почвы для города Якутска характерна до минус 41,5 °С в январе месяце. Средняя максимально высокая температура почвы – в июле плюс 25,5 °С. Глубина сезонно-талого слоя до 3 м, а температура на глубине 10 м колеблется в пределах –2... –8 °С. С увеличением плотности грунтов, увеличивается не только теплопроводность, но и их теплоемкость, что приводит к уменьшению глубины промерзания пород. Глубина сезонного промерзания различных типов почв составляет 1,2–3,5 м.

Максимальное количество осадков приходится на летний сезон (июнь–август) от 35 до 39 мм в месяц.

Средняя максимально низкая температура почвы для города Якутска характерна до минус 41,5 °С в январе месяце. Средняя максимально высокая температура почвы – в июле плюс 25,5 °С. Глубина сезонно-талого слоя до 3 м, а температура на глубине 10 м колеблется в пределах –2... –8 °С. С увеличением плотности грунтов, увеличивается не только теплопроводность, но и их теплоемкость, что приводит к уменьшению глубины промерзания пород. Глубина сезонного промерзания различных типов почв составляет 1,2–3,5 м. Несмотря на сравнительно тёплое лето, не все почвенные микроорганизмы успевают выйти из анабиоза и полноценно включиться в природный круговорот. Это объясняется близким залеганием мерзлоты к верхнему почвенному профилю, коротким вегетационным периодом, который условно определяется временем между переходом среднесуточной температуры весной и осенью через плюс 5 °С. Для почв Якутска этот период характерен, примерно, с первой декады мая до второй декады сентября месяца.

Наряду с климатическими факторами, усилить неблагоприятное воздействие на микрофлору природных сред могут оказать токсики антропогенного и техногенного воздействий, к ним относятся химические элементы и их соединения.

Ранее выполненные исследования показали, что почвы городской среды наиболее подвержены загрязнению тяжелыми металлами в сравнении с сельской местностью, что объясняется наличием в городе промышленных объектов и повсеместной эксплуатацией автомобильного транспорта, выхлопы которых загрязняют атмосферный воздух, природные водоемы, почву [17, 18].

Среди группы тяжелых металлов, выбрасываемых автомобилями, наиболее значимыми поллютантами являются свинец, цинк, медь, причем, чем выше скорость автомобиля, тем большее количество вредных веществ он выделяет [19].

Наиболее загрязненными медью почвы (28–50 мг/кг) отмечаются в почвах г. Якутска, чем в сельской местности.

Установлено, что интенсивное накопление меди происходит в районах поселка Геологов, ул. Хабарова, центральной части города, где максимальные концентрации достигают 50 мг/кг. Максимальное повышение концентраций в почвах г. Якутска характерно для свинца. На отдельных участках содержание

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ФАКТОРОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА МЕХАНИЗМ БИОЗАРАЖЕНИЯ ТЕКСТОЛИТОВ В УСЛОВИЯХ ОТКРЫТОЙ ЭКОСИСТЕМЫ

свинца достигает 150–200 мг/кг (7–10 ПДК). К зонам наиболее интенсивного накопления свинца в почвах относятся магистральные улицы Хабарова, 50 лет Советской Армии, Богдана Чижика, Лермонтова, центральная часть города, район ГРЭС [20].

Таким образом, климатические факторы, антропогенное и техногенное воздействия, могут оказывать как прямое, так и косвенное влияние на состояние биологической активности объектов ОС.

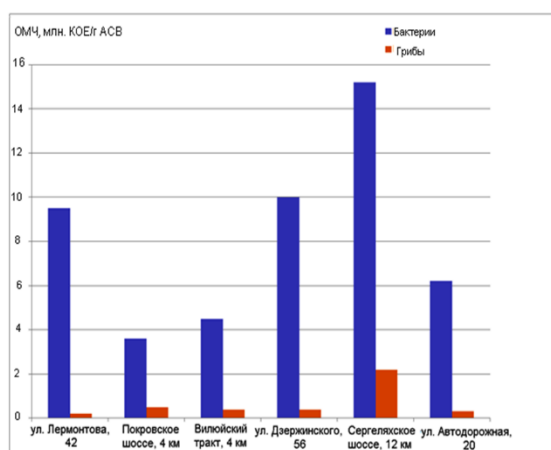


Рисунок 1 – Общая численность основных групп почвенных микроорганизмов (Якутск, 11.09.2020)

Figure 1 – The total number of the main groups of soil microorganisms (Yakutsk, 09/11/2020)

На первом этапе работ на микробиологические показатели исследованы почвы городской экосистемы. Анализ структуры микробных сообществ, исследованных в сентябре 2020 г. показал, что в урбанизированных почвах городской среды Якутска доминируют бактериальные формы над грибными (рисунок 1), что согласуется с результатами ранее выполненных микробиологических исследований [21].

Доминирование в почвенных образцах бактерий, вероятнее всего, обусловлено условиями окружающей среды, поскольку грибные формы микроорганизмов лучше развиваются в теплых, сырых субстратах с влажностью более 70 % и предпочитают подкисленную среду с рН около 3,0–5,5 условных единиц (усл.ед.), в то время как исследованные нами почвы характеризовались слабо-щелочной реакцией среды и недостаточной увлажненностью, что также подтверждают результаты исследования почвенных образцов, отобранных с мониторинговых точек полигона климатических испытаний в городе Якутске в 2018–2020 гг. (таблица 1).

Сравнительный анализ результатов исследования почвенных образцов, отобранных в 2018–2020 гг. показал, что пейзаж почвенных микроорганизмов за три года претерпел не существенные изменения.

В почвах преобладали спорообразующие формы бактерий рода *Bacillus*, неферментирующие бактерии рода *Pseudomonas*; энтеробактерии рода *Proteus*.

Таблица 1 – Характеристика почв полигона климатических испытаний (Якутск), 2018–2020 гг.

Table 1 – Characteristics of the soils of the climatic test site (Yakutsk), 2018–2020

№ пробы по каталогу	Актуальные показатели					
	рН, усл.ед.			Влажность, %		
	11.09.2018	11.09.2019	06.10.2020	11.09.2018	11.09.2019	06.10.2020
ПКИ-1	8,0	7,7	7,8	11,7	13,3	15,2
ПКИ-2	8,1	7,8	7,4	11,1	13,2	12,5
ПКИ-3	8,0	7,6	7,4	11,2	13,4	14,9
ПКИ-4	8,0	7,6	7,6	8,5	13,2	15,4
ПКИ-5	8,1	7,7	7,2	10,6	13,2	13,5
Фон	7,6	7,5	7,6	13,1	13,4	13,5

Из микроорганизмов актинобактериальной линии доминировали *Rhodococcus*, *Streptomyces*, *Nocardia*. Из микроскопических грибов выделены грибы родов *Penicillium*, *Rhizopus*, *Fuzarium*, *Aspergillus* (рисунки 2–4). По общей численности микроорганизмов, использующих различные формы азота почвы исследуемого участка, оцениваются, как обогащенные. Активность азотфиксаторов в исследуе-

мых образцах связана преимущественно с деятельностью бактерий рода *Clostridium*, в то время как для окультуренных почв характерно высокое содержание в почвах азотфиксирующих бактерий родов *Azotobacter*, *Rhizobium* и др.

Минерализация органических веществ в почве полигона проходит за счет активности плесневых грибов и гнилостных бактерий рода *Proteus* и *Pseudomonas*.

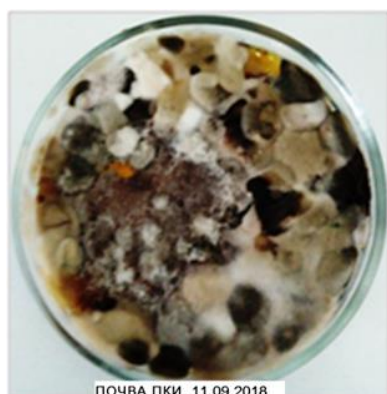


Рисунок 2 – Плесневые грибы, выделенные из почв полигона 11.09.2018 г.

Figure 2 – Molds isolated from the soils of the landfill on September 11, 2018



Рисунок 3 – Плесневые грибы, выделенные из почв полигона 11.09.2019 г.

Figure 3 – Molds isolated from the soils of the landfill on September 11, 2019

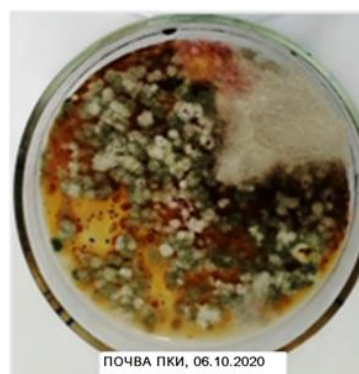


Рисунок 4 – Плесневые грибы, выделенные из почв полигона 06.10.2020 г.

Figure 4 – Molds isolated from the soils of the landfill on 06.10.

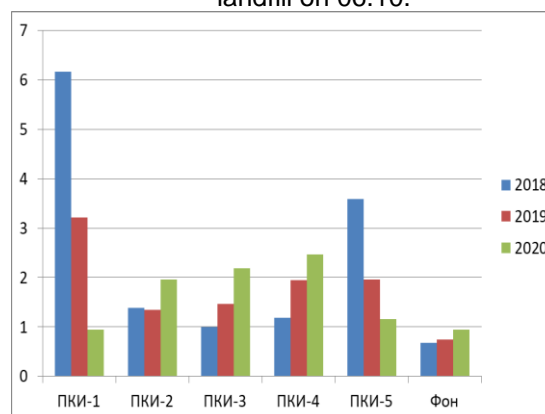


Рисунок 5 – Коэффициент минерализации органических веществ в почве полигона климатических испытаний (Якутск), %

Figure 5 – Coefficient of mineralization of organic matter in the soil of the climatic test site (Yakutsk), %

Таблица 2 – Результаты санитарно-бактериологической оценки почв, 06.10.2020

Table 2 – Results of sanitary and bacteriological assessment of soils, 06.10.2020

№ пробы по каталогу	Патогенные, в т.ч. <i>Salmonella</i>	Индекс, в 1,0 г		
		БГКП	<i>Enterococcus</i>	<i>Clostridium perfringens</i>
ПКИ-1	Не выделены	1,0	1,0	1,0
ПКИ-2	Не выделены	1,0	0,0	0,0
ПКИ-3	Не выделены	1,0	0,0	1,0
ПКИ-4	Не выделены	0,0	0,0	0,0
ПКИ-5	Не выделены	0,0	0,0	0,0
Фон	Не выделены	1,0	0,0	1,0

Коэффициент минерализации здесь выше, чем в фоновом образце (рисунок 5).

Активность процессов гетеротрофной нитрификации и денитрификации в почвах не высокая и связано это с уплотненностью по-

верхностного слоя почвы, нарушением аэрации, недостатком почвенной влаги, вследствие этого, затруднен окислительно-восстановительный потенциал, что провоцирует накопление и переизбыток азота в почве.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ФАКТОРОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА МЕХАНИЗМ БИОЗАРАЖЕНИЯ ТЕКСТОЛИТОВ В УСЛОВИЯХ ОТКРЫТОЙ ЭКОСИСТЕМЫ

По санитарно-бактериологическим показателям исследуемые образцы почвы оцениваются, как умеренно загрязненные (таблица 2).

Таким образом, по результатам микробиологических исследований можно сделать вывод, о том, что биологическая активность почв полигона климатических испытаний в городе Якутске в течение трех лет (2018–2020 гг.) была снижена, а наличие в почвенном субстрате плесневых грибов различных уровней патогенности может являться причиной контаминации атмосферного воздуха и материалов, контактирующих с почвой грибными спорами, которые при благоприятных условиях могут прорасти и вызывать биоповреждения образцов полимерных композитов, экспонируемых на полигоне.

Результаты исследования микробной обсемененности атмосферного воздуха на территории полигона климатических испытаний.

В атмосферном воздухе повсеместно циркулируют споры различных плесневых грибов, многие из которых являются звеном в цепочке оппортунистических инфекций человека и животных или вызывают процессы биозаражений объектов ОС. Тем не менее, в настоящее время нормативы по санитарно-микробиологической оценке атмосферного воздуха отсутствуют.

На следующем этапе работ с целью изучения влияния экологических факторов на активацию биозаражения ПКМ экспонируемых на открытом полигоне климатических испытаний выполнены микробиологические исследования качественного состава резидентной (автохтонной) микрофлоры атмосферного воздуха, которая формируется в основном за счет почвенных микроорганизмов.

Исследованиями установлено, что в приземном слое воздуха, на уровне 0,5–1,5 м от земли, в период с 2018 по 2020 гг. циркулировали плесневые грибы родов: *Penicillium*, *Alternaria*, *Rhizopus*, *Cladosporium*, *Acremonium* и *Aspergillus*. Из бактериальной группы выделены спорообразующие бактерии рода *Bacillus*. Микрококки рода *Kocuria* и неферментирующие бактерии рода *Chryseobacterium* (рисунки 6–8).

Температура воздуха в Якутске, по данным *Gismeteo*, в течение вегетационного периода (май–сентябрь), когда почвенная микрофлора более интенсивно принимает участие в природном круговороте, составила в 2018 г. плюс 18,8 °С; в 2019 г. плюс 18,3 °С; в 2020 г. плюс 19,9 °С (рисунок 9), что недостаточно для развития мезофильных микроорганизмов, но благоприятна для психротолерантной микрофлоры.

На микробиологические показатели выполнены исследования снежного покрова, отобранного с территории полигона в декабре месяце. Из образцов снега выделены актинобактерии рода *Nocardia* (рисунки 10, 11).

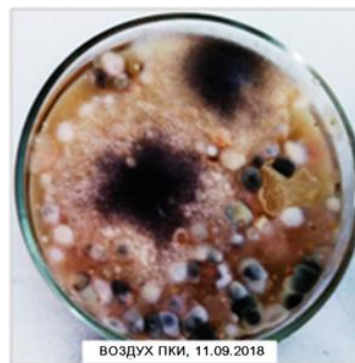


Рисунок 6 – Плесневые грибы, выделенные из атмосферного воздуха, 11.09.2018 г.

Figure 6 – Molds isolated from the atmospheric air, 09/11/2018



Рисунок 7 – Плесневые грибы, выделенные из атмосферного воздуха, 11.09.2019 г.

Figure 7 – Molds isolated from the atmospheric air, 09/11/2019



Рисунок 8 – Плесневые грибы, выделенные из атмосферного воздуха, 06.10.2020 г.

Figure 8 – Molds isolated from the atmospheric air, 06.10.

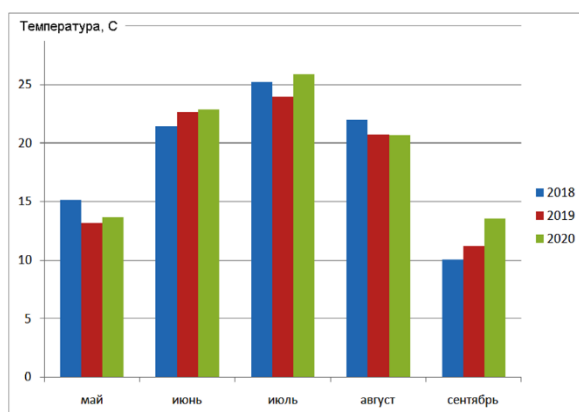


Рисунок 9 – Среднемесячные показатели температуры воздуха за 2018–2020 гг.

Figure 9 – Average monthly air temperature values for 2018–2020

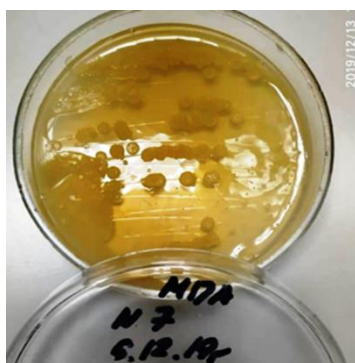


Рисунок 10 – Колонии *Nocardia*, выделенные из снежного покрова полигона, проба № 7, 06.12.2019 г.

Figure 10 – Colonies of *Nocardia* isolated from the snow cover of the landfill, sample No. 7, 06.12.2019



Рисунок 11 – Колонии *Nocardia*, выделенные из снежного покрова полигона, проба № 8, 06.12.2019 г.

Figure 11 – Colonies of *Nocardia* isolated from the snow cover of the landfill, sample No. 8, 06.12.2019

Таким образом, по результатам микробиологических исследований можно сделать вывод, о том, что почва, атмосферный воздух, снежный покров на территории полигона климатических испытаний содержат различные группы микроорганизмов, что может стать причиной биозаражения экспериментальных образцов ПКМ, экспонируемых на данной территории.

Вследствие этого, изучение воздействия условий ОС на способность микроорганизмов к биозаражению и биоповреждению ПКМ и специфику метаболизма микрофлоры природных сообществ в условиях северных широт является актуальной темой.

Результаты микробиологического исследования микроорганизмов, контаминирующих опытные образцы полимерных композитов при экспонировании в условиях открытого полигона.

В рамках настоящей работы выполнен анализ смывов, отобранных в декабре и октябре месяцах с поверхностной опытных образцов ПКМ. В результате выполненного анализа выделено большое разнообразие бактерий и микроскопических грибов. Для дальнейших исследований отселектированы доминантные культуры психрофильных плесневых грибов родов *Penicillium* и *Aspergillus* (рисунки 12–13), перспективные для биотехнологического применения в экологических и промышленных целях.

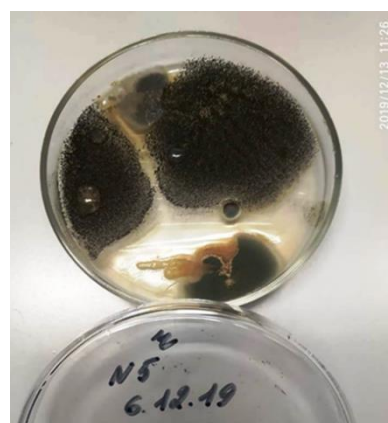


Рисунок 12 – Рост колоний плесневых грибов, выделенных из смывов с поверхности опытного образца стеклотекстолита на среде Чапека

Figure 12 – Growth of colonies of mold fungi isolated from washes from the surface of a prototype fiberglass on Czapek's medium

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ФАКТОРОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА МЕХАНИЗМ
БИОЗАРАЖЕНИЯ ТЕКСТОЛИТОВ В УСЛОВИЯХ ОТКРЫТОЙ ЭКОСИСТЕМЫ

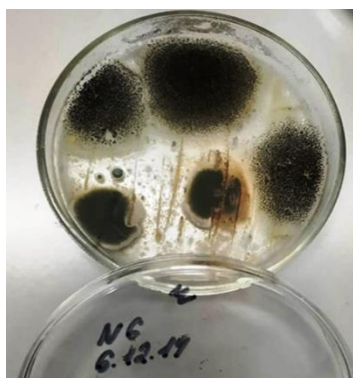


Рисунок 13 – Рост колоний плесневых грибов, выделенных из смывов с поверхности опытного образца углепластика на среде Чапека

Figure 13 – Growth of colonies of mold fungi isolated from washes from the surface of a test sample of carbon fiber on Czapek's medium

На микробную контаминацию исследованы образцы базальтотекстолита и стеклотекстолита после климатических исследований. Исследования проведены методом нативного наложения опытных образцов на поверхности агаризированных питательных сред. Инкубацию проводили в стационарных условиях при температуре плюс 22 °С. Уже через 3–5 суток на чашках с опытными образцами зафиксирован рост колоний бациллярной группы бактерий и плесневых грибов, что свидетельствует о том, что опытные образцы контаминированы микрофлорой (рисунки 14–15).



Рисунок 14 – Обрастание опытного образца стеклотекстолита колониями микроорганизмов

Figure 14 – Fouling of a prototype fiberglass laminate by colonies of microorganisms

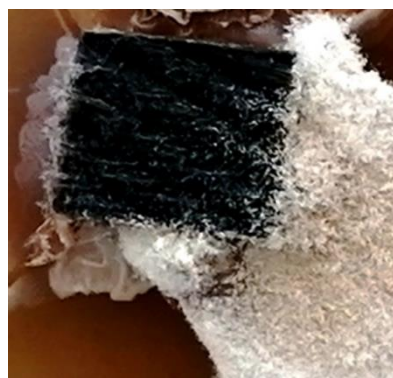


Рисунок 15 – Обрастание опытного образца базальтотекстолита колониями микроорганизмов

Figure 15 – Fouling of a prototype basalt textolite with colonies of microorganisms

Микроскопическим методом зафиксировано проникновение клеток бактерий, грибного мицелия и спор в структуру опытных образцов базальтотекстолита и стеклотекстолита (рисунки 16–17).

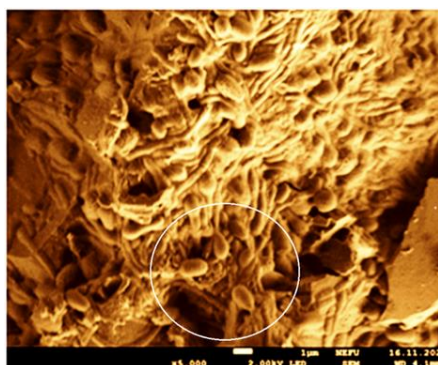


Рисунок 16 – Мицелий и споры плесневых грибов в структуре стеклотекстолита

Figure 16 – Mycelium and mold spores in the structure of fiberglass

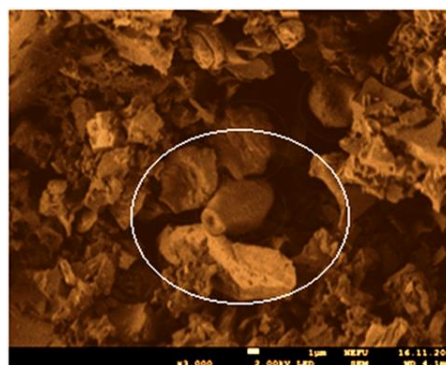


Рисунок 17 – Споры плесневых грибов в структуре базальтотекстолита

Figure 17 – Mold spores in the structure of basalt textolite

ЗАКЛЮЧЕНИЕ / ВЫВОДЫ

В результате исследований показано, что циркуляция микроорганизмов в различных объектах ОС служит фактором биозаражения полимерных композитов, экспонируемых в условиях открытой экосистемы.

Установлено, что не каждый микроорганизм, попавший из ОС на поверхность ПКМ, может плотно прикрепляться и затем внедряться в поры или микротрещины материалов, провоцируя их разрушение.

Выделенные в процессе испытаний микроорганизмы могут служить основой для создания моделей микробных консорциумов, в качестве фунгицидных добавок к полимерным составам, которые могут быть использованы для разработки полимерных композитов, адаптированных к северным условиям. В целом, результаты микробиологических исследований могут быть использованы в качестве дополнительного материала для разработки методики проведения комплексных климатических испытаний композитных материалов не только в территориальной зоне Республики Саха (Якутия), а также в других регионах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Study of microorganisms on polymer composite materials in frigid climate conditions / A.A. Kychkin [и др.]. // *Atlantis Highlights in Material Sciences and Technology (AHMST)*. 2019. V.1. P. 219–223. <https://doi.org/10.2991/isees-19.2019.43>.

2. Erofeevskaya L.A., Aleksandrov A.R., Kychkin A.K. Prospects for the Use of Spore-forming Bacteria to Combat the Destruction of Polymeric Composite Materials // *International science and technology conference "FarEastCon-2019" IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 753 (2020) 052010 IOP Publishing. 2020. P. 1–5. doi:10.1088/1757-899X/753/5/052010

3. Микромицеты почвы полигона твердых бытовых отходов «Игумново» / Е.Н. Григорьева [и др.] // *Микология и фитопатология*. 2015. № 49(5). С. 286–292.

4. Ерофеевская Л.А. Пейзаж микрофлоры мерзлотных нефтезагрязненных почв территории Нижнеколымского района Республики Саха (Якутия) // *Инновационные подходы в современной науке: сб. ст. по материалам XLVIII Международной научно-практической конференции «Инновационные подходы в современной науке»*. Москва. 2019. № 12(48). С. 23–28.

5. Ерофеевская Л.А. Изучение биологической деградации нефтезагрязнений в почвах под влиянием психрофильных микроорганизмов в условиях криолитозоны // *Материалы международного конгресса «Биотехнология: состояние и перспективы развития»*. Москва. 2019. С. 599–600.

6. Ерофеевская Л.А. Микробиологический

мониторинг нефтезагрязненных почв в районе аварийного разлива нефти на участке временного нефтепровода «Талакан-Витим» (Юго-Западная Якутия) // *Инновационные подходы в современной науке: сб. ст. по материалам XLVIII Международной научно-практической конференции «Инновационные подходы в современной науке»*. Москва. 2019. № 12(48). С. 29–35.

7. Ерофеевская Л.А. Результаты исследований биологической активности нефтезагрязненного многолетнемерзлого грунта в процессе очистки от нефтезагрязнения // *Сборник статей Международного научно-исследовательского конкурса «Исследователь года 2019»*. Петрозаводск. 2019. С. 17–27.

8. Садунова А.В. Общая характеристика бактерий рода *Bacillus* // *Материалы VI Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум»*. URL: <https://scienceforum.ru/2014/article/2014001198>.

9. Миндубаев А.З. Микроорганизмы деструкторы и их роль в очистке природных сред (обзор) // *Живые и биокостные системы*. 2020. № 31. URL: <https://jbks.ru/archive/issue-31/article-7>.

10. Даутова А.Н., Янов В.В., Алексеев Е.И., Зенитова Л.А. Биодegradирующие полимерные композиционные материалы с использованием натурального каучука // *Бутлеровские сообщения*. Казань. 2017. Т. 52. №10. С. 56-72. [Идентификатор ссылки на объект – ROI: jbc-01/17-52-10-56].

11. Vos P., Garrity G., Jones D., Krieg N., Ludwig W., Rai F. *Bergeys Manual of Systematic Bacteriology* // Springer. 2009. Vol. 3. 1450 p.

12. Чубенко, Г.И. Методы идентификации бактерий : учеб. пособие. Благовещенск : ФГБОУ ВО Амурская ГМА, 2018. 44 с.

13. Казаков, В.С. Решение на базе MALDI-TOF масс-спектрометрии для экспресс-идентификации микроорганизмов. 2017. С. 2.

14. Хаффарессас, Ясин. Современные методы идентификации микроорганизмов // *Новый взгляд. Международный научный вестник. Сборник научных трудов. Новосибирск : Изд-во ООО «Центр развития научного сотрудничества» (Новосибирск)*, 2017. С. 6–14.

15. ГОСТ 17.4.3.01-2017. Охрана природы (ССОП). Почвы. Общие требования к отбору проб. Москва. : ФГУП «Стандартинформ», 2018. 8 с.

16. ГОСТ 17.4.4.02-2017. Охрана природы (ССОП). Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа. – Москва : ФГУП «Стандартинформ», 2018. 10 с.

17. Ерофеевская Л.А., Шадринова О.В., Миронина С.И. Изучение влияния хозяйственной деятельности на характер взаимодействия почвенных микроорганизмов с высшими растениями (на примере долины Туймаада) // *Сборник научных трудов XXII международного междисциплинарного форума молодых ученых «Наука, управление, технологии: новые исследования и разработки»*. Санкт-Петербург, 2018. С. 38–44.

18. Erofeevskaya L.A. Study of Biological degradation of oil pollutants in soils under the influence of

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ФАКТОРОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА МЕХАНИЗМ БИОЗАРАЖЕНИЯ ТЕКСТОЛИТОВ В УСЛОВИЯХ ОТКРЫТОЙ ЭКОСИСТЕМЫ

psychrophilic microorganisms in permafrost // The proceedings of International congress «Biotechnology: state of the art and perspectives». Moscow : Copyright © LLC "RED GROUP", 2019. P. 599–600.

19. Содержание тяжелых металлов в придорожной зоне автомобильных трасс / Т.В. Леонидова [и др.] // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2019. № 1. С. 146–149.

20. Новгородов А.А., Евдохарова К.И., Пухова С.П. Общая характеристика экологического состояния почв Якутии // Материалы XII Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум». URL : <https://scienceforum.ru/2020/article/2018023300>.

21. Исследование влияния микроорганизмов на структуру и свойства полимерных композиционных материалов в условиях холодного климата / Л.А. Ерофеевская [и др.] // Научные разработки : Евразийский регион: материалы международной научной конференции теоретических и прикладных разработок. Москва : Изд-во Инфинити, 2018. С. 84–86.

Информация об авторах

Л. А. Ерофеевская – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Обособленного подразделения ФИЦ «ЯНЦ СО РАН» Институт проблем нефти и газа СО РАН.

А. К. Кычкин – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник Обособленного подразделения ФИЦ «ЯНЦ СО РАН» Институт физико-технических проблем Севера им. В. П. Ларионова СО РАН.

А. К. Кычкин – научный сотрудник ФИЦ «ЯНЦ СО РАН».

А. А. Гыбышев – ведущий инженер Обособленного подразделения ФИЦ «ЯНЦ СО РАН» Институт физико-технических проблем Севера им. В. П. Ларионова СО РАН.

REFERENCES

1. Kychkin, A.A., Lebedev, M.P., Erofeevskaya, L.A. & Neustroeva, N.I. (2019). Study of microorganisms on polymer composite materials in frigid climate conditions. "Engineering and Earth Sciences: Applied and Fundamental Research" dedicated to the 85th anniversary of H.I. Ibragimov (ISEES 2019), Groznyj. D.K. Bataev (Ed.) <https://doi.org/10.2991/isees-19.2019.43>.

2. Erofeevskaya, L. A., Aleksandrov, A. R., Kychkin, A. K. (2019). Prospects for the Use of Spore-forming Bacteria to Combat the Destruction of Polymeric Composite Materials. *International science and technology conference "FarEastCon-2019"*. D.B. Solovov and oth.(Ed.) doi:10.1088/1757-899X/753/5/052010

3. Grigorieva, E.N., Smirnova, O.N., Smirnov, V.F., Kryajev, D.V. & Anikina, N.A. (2015). Soil micro-mycetes of the Igumnovo solid waste landfill. *Mikology and phytopathology*. № 49(5). С. 286-292. (In Russ.).

4. Erofeevskaya, L.A. (2019). Landscape of microflora of permafrost oil-contaminated soils in the territory of the Nizhnekolymsk region of the Republic of Sakha (Yakutia). *Innovative approaches in modern science: collection of articles. Art. based on the materials of the XLVIII International Scientific and Practical Conference "Innovative Approaches in Modern Science"*. 12(48). С. 23-28. (In Russ.).

5. Erofeevskaya, L.A. (2019). Study of biological degradation of oil pollution in soils under the influence of psychrophilic microorganisms in permafrost conditions. *Materials of the international congress "Biotechnology: state and development prospects"*. Moscow. (In Russ.).

6. Erofeevskaya, L.A. (2019). Microbiological monitoring of oil-contaminated soils in the area of an emergency oil spill at the site of the temporary oil pipeline "Talakan-Vitim" (South-West Yakutia). *Innovative approaches in modern science: collection of articles. Art. based on the materials of the XLVIII International Scientific and Practical Conference "Innovative Approaches in Modern Science"*. - Moscow. (In Russ.).

7. Erofeevskaya, L.A. (2019). The results of studies of the biological activity of oil-contaminated permafrost soil in the process of cleaning from oil pollution ". *Collection of articles of the International research competition "Researcher of the Year 2019"*. Petrozavodsk.. (In Russ.).

8. Sadunova, A. V. (2014). General characteristics of bacteria of the genus Bacillus. *Materials of the VI International Student Scientific Conference "Student Scientific Forum"* Retrieved from: <https://scienceforum.ru/2014/article/2014001198>. (In Russ.).

9. Mindubaeв, A.Z. (2020). Microorganisms destructors and their role in the purification of natural environments (review). *Living and Biocoste. Systems*. Retrieved from: <https://jbks.ru/archive/issue-31/article-7> (In Russ.).

10. Dautova, A.N., Yanov, V.V., Alekseev, E.I. & Zenitova, L.A. (2017). Biodegradable polymer composite materials using natural rubber. *Butlerov Communications*. Kazan. 52(10). S. 56-72. [Object link identifier - ROI: jbc-01 / 17-52-10-56]. (In Russ.).

11. Vos, P., Garrity, G., Jones, D., Krieg, N., Ludwig, W. & Rai, F. (2009) *Bergeys Manual of Systematic Bacteriology*. Springer. (3). 1450 P. (In Russ.).

12. Chubenko, G.I. (2018). *Methods for identification of bacteria: textbook*. Blagoveshchensk: Amur State Medical Academy. (In Russ.).

13. Kazakov, V.S. (2017). *Solution based on MALDI-TOF mass spectrometry for express identification of microorganisms*. (In Russ.).

14. Haffaressas, Yassin. (2017). *Modern methods of identification of microorganisms*. Collection of scientific papers. Novosibirsk: LLC "Center for the Development of Scientific Cooperation". (In Russ.).

15. Nature Conservation (SSOP). Soils. General requirements for sampling. (2017). HOST 17.4.3.01-2017. Moscow: Standards Publishing House. (In Russ.).

16. Nature Conservation (SSOP). Soils. Methods of sampling and preparation of samples for chemical, bacteriological, helminthological analysis (2018). HOST 17.4.3.01-2017. Moscow: Standards Publishing House. (In Russ.).

17. Erofeevskaya, L.A., Shadrinova, O.V. & Mironova, S.I. (2018). Study of the influence of economic activity on the nature of the interaction of soil microorganisms with higher plants (on the example of the Tuymaada valley). *Collection of scientific papers of the XXII international interdisciplinary forum of young scientists "Science, management, technologies: new research and development."* St. Petersburg. (In Russ.)

18. Erofeevskaia, L.A. (2019). Study of Biological degradation of oil pollutants in soils under the influence of psychrophilic microorganisms in permafrost. *The proceedings of International congress «Biotechnology: state of the art and perspectives».* Moscow. (In Russ.)

19. Leonidova, T.V., Sidorenkova, N.K., Blokhina, N.A. & Kharitonov, I.D. (2019). The content of heavy metals in the roadside area of highways. *International Journal of Applied and Fundamental Research.*(1), 146-149. (In Russ.)

20. Novgorodov, A.A., Evdokharova, K.I., Pukhova, S.P. (2020). General characteristics of the ecological state of soils in Yakutia. *Materials of the XII International Student Scientific Conference "Student Scientific."* Retrieved from: <https://scienceforum.ru/2020/article/2018023300> (In Russ.)

21. Erofeevskaya, L.A., Neustroeva, N.I., Kychkin, A.K. & Kychkin, A.A. (2018). Investigation of the influence of microorganisms on the structure and properties of polymer composite materials in a cold climate.

Scientific developments: Eurasian region: materials of the international scientific conference of theoretical and applied developments. Moscow. (In Russ.)

Information about the authors

L. A. Erofeevskaya - Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher of the Separate Subdivision of the Federal Research Center "YSC SB RAS" Institute of Oil and Gas Problems SB RAS.

A. K. Kychkin -Candidate of Technical Sciences, Leading Researcher of the Separate Subdivision of the Federal Research Center "YSC SB RAS" Institute of Physical and Technical Problems of the North named after V. P-Larionov SB RAS.

A. A. Kychkin - Researcher, Federal Research Center "YSC SB RAS".

A. A. Gabyshev - Leading Engineer of the Separate Subdivision of the Federal Research Center "YSC SB RAS" Institute of Physical and Technical Problems of the North named after V. P-Larionov SB RAS.

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare that there is no conflict of interest.*

Статья поступила в редакцию 26.07.2021; одобрена после рецензирования 16.09.2021; принята к публикации 21.09.2021.

The article was received by the editorial board on 26 July 21; approved after reviewing on 16 Sep 21; accepted for publication on 21 Sep 21.



РАЗДЕЛ 3. МЕТАЛЛУРГИЯ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

Научная статья
05.16.09 – Материаловедение (по отраслям) (технические науки)
УДК 678
doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.03.026

ВЛИЯНИЕ ТИПА ВУЛКАНИЗУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ И УСКОРИТЕЛЯ ВУЛКАНИЗАЦИИ НА СВОЙСТВА ПОРИСТЫХ РЕЗИН

Кымбат Сагидуллоевна Жансакова

Омский государственный технический университет, Омск, Россия
chemistbox@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6057-2153>

Аннотация. Данная работа посвящена определению влияния типа серной вулканизирующей системы для пористых резин, были изготовлены и исследованы резиновые смеси и вулканизаты с добавлением трех различных ускорителей вулканизации. В результате исследований были получены вулканизационные характеристики резиновых смесей, в том числе продемонстрированы кривые вулканизации. Определены показатели коэффициента теплопроводности, кажущейся плотности, сопротивления сжатию и степени равновесного набухания изготовленных пористых резин. Установлено, что полученные образцы пористых резин стали легче (кажущаяся плотность) на 8–40 % относительно эталона. Выявлено, что для пористых резин в качестве ускорителя вулканизации следует выбирать *N*-Циклогексил-2-бензтиазолилсульфенамид, так как он проявляет замедленную скорость во время индукционного периода и большую активность в дальнейшем процессе вулканизации. В качестве подходящей вулканизирующей системы для пористых резин стоит выделить полужффективную вулканизирующую систему, потому что в данном типе кажущаяся плотность заметно меньше относительно образцов обычной вулканизирующей системы и незначительно больше относительно образцов эфффективной вулканизирующей системы.

Ключевые слова: порофор, вулканизат, ускоритель вулканизации, *N*-Циклогексил-2-бензтиазолилсульфенамид (CBS), 2-меркаптобензотиазол (МВТ), *N*-трет-Бутил-2-бензтиазолилсульфенамид (ТВБС), кривая вулканизации, кажущаяся плотность.

Для цитирования: Жансакова, К. С. Влияние типа вулканизирующей системы и ускорителя вулканизации на свойства пористых резин // Ползуновский вестник. 2021. № 3. С. 201–207. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.03.026.

INFLUENCE OF TYPE OF VULCANIZATION SYSTEM AND VULCANIZATION ACCELERATOR ON PROPERTIES OF POROUS RUBBERS

Kymbat S. Zhansakova

Omsk State Technical University, Omsk, Russia
chemistbox@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6057-2153>

Abstract. *The objective of this work is to determine the influence of the type of sulfur vulcanizing system for porous rubbers, for which purpose we have produced and examined rubber compounds and vulcanizates with the addition of three different vulcanization accelerators. According to the results of our study, we were able to obtain vulcanization characteristics of the rubber compounds and demonstrate vulcanization curves. In addition, we have determined such indicators, as the thermal conductivity coefficient, apparent density, compression resistance, and the degree of equilibrium swelling of the produced porous rubbers. It was found out that the obtained samples of porous rubbers became lighter (apparent density) by 8-40 % compared to the reference sample. It was revealed that N-cyclohexyl-2-benzothiazolsulfenamide should be chosen as a vulcanization accelerator for porous rubbers, since it shows a slower rate during the induction period and a greater activity in the further vulcanization process. It is worth highlighting the semi-efficient vulcanization system as a suitable vulcanizing system for porous rubbers, since the apparent density of the sample produced according to this method would be both noticeably lower compared to that of a sample obtained with the use of the conventional vulcanizing system and only slightly higher relative to a sample obtained with the use of an efficient vulcanizing system.*

Keywords: *porophore, vulcanizate, vulcanization accelerator, N-cyclohexyl-2-benzothiazolsulfenamide (CBS), N-tert-butyl-2 benzothiazolsulfenamide (TBBS), 2-mercaptobenzothiazole (MBT), vulcanization curve, apparent density.*

For citation: Zhansakova, K. S. (2021). Influence of type of vulcanization system and vulcanization accelerator on properties of porous rubbers. *Polzunovskiy vestnik*, (3), 201-207. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.03.026.

ВВЕДЕНИЕ

Пористая резина – эластомерный материал, структура которого содержит множество пор, распределенных в массе [1]. В зависимости от сферы применения, к пористым резинам предъявляются различные требования. Для изготовления изделий изоляции трубопроводов, коллекторов, инженерных сетей и оборудования при строительстве зданий и сооружений различного назначения важно, чтобы материалы обладали высокими тепло-, пароизоляционными свойствами, использовались в широком диапазоне температур, обладали высокими физико-механическими свойствами, были устойчивыми к УФ-воздействию и агрессивным средам.

Пористость резин во многом зависит от полимерной матрицы и состава резиновой смеси. На стадии определения вулканизационных свойств можно спрогнозировать, будет ли готовый образец эластичным. Известно,

что чем выше максимальный крутящий момент, тем больше жесткость вулканизата [2, 3]. Соответственно, разность крутящих моментов косвенно характеризует степень поперечного сшивания вулканизата [4–6].

Донором серы для сшивки полимера являются вулканизирующий агент и ускорители вулканизации класса тиурамов [7]. Кроме того, вулканизирующей способностью обладают такие порофоры, как диазоаминобензол и азодикарбонамид [8]. Во время вулканизации резин происходит образование углерод-углеродных (-C-C-), моно- (-S-) и ди- (-S-S-) и полисульфидных (-Sn-) связей, имеющих различные энергии связи [2, 9, 10]. Их количество зависит от природы ускорителя вулканизации, активаторов и наполнителей.

Существует классификация вулканизирующих систем, в которой предусмотрены пропорции ускорителя вулканизации и серы (таблица 1) [11, 12].

ВЛИЯНИЕ ТИПА ВУЛКАНИЗУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ И УСКОРИТЕЛЯ ВУЛКАНИЗАЦИИ НА СВОЙСТВА ПОРИСТЫХ РЕЗИН

Таблица 1 – Классификация вулканизирующих систем

Table 1 – Classification of vulcanization systems

Тип системы	Сера, масс.ч.	Ускоритель, масс.ч.	Ускоритель / Сера
Обычный	2,0–3,5	1,2–0,4	0,1–0,6
Полуэффективный	1,0–1,7	2,4–1,2	0,7–2,5
Эффективный	0,4–0,8	5,0–2,0	2,5–12,0

С технологической точки зрения важно подобрать рецептуру так, чтобы процессы порообразования и вулканизации были согласованными [13]. Для изготовления пористых резин используют различные ускорители вулканизации, тиазолы [14, 15] и сульфенамиды [16, 17]. Поэтому целью данной работы является определение оптимальной вулканизирующей системы для пористых резин. В задачи исследования входило: изготовление и изучение резиновых смесей и вулканизатов с добавлением распространенных ускорителей вулканизации.

МЕТОДЫ

Объектами исследования являются резиновые смеси и вулканизаты обычной (ОВС), полуэффективной (ПЭВС) и эффективной (ЭВС) вулканизирующих систем с различными ускорителями вулканизации. В качестве эталона был взят рецепт изготовления резиновой смеси на основе бутадиенстирольного каучука [18]. Исследуемые рецептуры приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Рецептуры исследуемых пористых резин

Table 2 – Formulas of the studied porous rubbers

Ингредиенты	Эталон	Масс. ч., на 100 масс. ч. каучука								
		1	2	3	4	5	6	7	8	
СКМС-30АРКПН					100,0					
Технический углерод П803					40,0					
Оксид цинка					3,0					
Хлорпарафин 470А					40,0					
Диафен					2,0					
ОBSH					6,5					
Тип вулканизирующей системы	ОВС	ПЭВС	ЭВС	ОВС	ПЭВС	ЭВС	ОВС	ПЭВС	ЭВС	
CBS	1,5	2,0	2,5							
MBT				1,5	2,0	2,5				
TBBS							1,5	2,0	2,5	
Сера	2,5	1,0	0,5	2,5	1,0	0,5	2,5	1,0	0,5	
Ускоритель/Сера	0,6	2,0	5,0	0,6	2,0	5,0	0,6	2,0	5,0	
Всего:	195,5	194,5	195,5	195,5	194,5	195,5	195,5	194,5	195,5	

* Примечание: OBSH – порофор, 4,4 – оксисибс (бензолсульфонилгидразид); CBS – ускоритель вулканизации N-Циклогексил-2-бензтиазолилсульфенамид; MBT – ускоритель вулканизации 2-меркаптобензотиазол; TBBS – ускоритель вулканизации N-трет-Бутил-2-бензтиазолилсульфенамид

Изготовление резиновых смесей проводили на лабораторных вальцах типа LRMR-SC-150/O с фрикцией валков 1:1,14, при температуре 50 °С. Вулканизацию проводили в 2 этапа. На первом этапе проводили «подпрессовку» при давлении 0,25 МПа и температуре 160 °С в течение 5 минут. Второй этап – дальнейшее изготовление в прессе, без приложения давления, температура 160 °С время вулканизации подбиралось индивидуально для каждого образца с учетом оптимального времени вулканизации (90 %). Для изготовления вулканизатов использовали гидравлический пресс марки Joos-Quality-Press, *POLZUNOVSKIY VESTNIK № 3 2021*

нагрев плит электрический, программирование циклов нагрева / охлаждения и давления задается с помощью компьютера, оборудованного тактильным монитором.

Технологические свойства определяли с помощью безроторного виброреометра D-RPA 3000 при температуре 160 °С в течение 60 минут, в соответствии с методикой ASTM D 5289-19a. Теплофизические свойства измеряли с применением прибора ИТС-1 в соответствии с методикой ГОСТ 7076-99. Сопротивление сжатию образцов определяли в соответствии с методикой ГОСТ 20014-83, для этого использовали разрывную машину

марки Zwick/Roell. Степень сжатия от максимальной высоты образца составляла 50 %, время выдержки образца в сжатом состоянии 60 +/- 6 секунд. Кажущуюся плотность определяли в соответствии с методикой ГОСТ 409-2017.

Степень равновесного набухания определяли с помощью фиксирования усреднённого изменения массы, серии образцов вулканизаторов объёмом от 1 до 3 см³ в толуоле при 25 °С в течение 7 суток, в соответствии с ГОСТ Р ИСО 1817-2009. Набухшие образцы извлекались из растворителя, избыток кото-

рого удалялся с поверхности фильтровальной бумагой, после чего проводилось взвешивание образца. Изменение массы образца вычисляли по формуле:

$$\Delta m_{100} = \frac{m_i - m_0}{m_0} \cdot 100 \quad (1)$$

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты влияния типа вулканизирующей системы и ускорителей вулканизации представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты влияния типа вулканизирующей системы и ускорителей вулканизации

Table 3 – Effect of the type of vulcanization system and vulcanization accelerators

№	Эталон	1	2	3	4	5	6	7	8
Вулканизационные характеристики									
Min ML, дН·м	0,43	0,42	0,41	0,44	0,44	0,48	0,45	0,45	0,44
Max MH, дН·м	9,03	4,49	2,76	8,37	5,01	3,22	8,78	4,99	3,04
ΔM, дН·м	8,60	4,07	2,35	7,93	4,57	2,74	8,33	4,54	2,60
Нач. в, ts, мин	2,29	3,24	5,46	3,14	6,01	18,31	2,26	3,00	4,52
T10, мин	2,22	2,16	2,24	2,51	3,07	4,17	2,17	2,09	2,19
T30, мин	3,43	3,52	4,09	5,58	8,25	13,49	3,39	3,37	3,57
T50, мин	5,20	6,09	7,12	9,57	17,28	31,17	5,16	5,56	6,41
T90, мин	13,21	26,29	37,55	42,04	52,06	54,53	13,04	30,23	37,45
R _v , мин ⁻¹	9,158	4,338	3,116	2,571	2,172	2,761	9,276	3,672	3,037
Физические свойства									
λ, Вт/м·К	0,0786	0,0958	0,1039	0,0238	0,0488	0,0669	0,0415	0,0513	0,0767
ρ, кг/м ³	630,494	506,055	467,860	377,218	478,791	491,911	578,605	557,372	516,213
σ _{сж} , МПа	0,404	0,190	0,118	0,174	0,171	0,184	0,253	0,179	0,154
α, %	369,220	494,056	611,620	275,726	322,333	366,994	415,561	510,140	573,850

* Примечание: Min ML – минимальный крутящий момент; Max MH – максимальный крутящий момент; ΔM – разность крутящих моментов; Нач. в, ts – время начала вулканизации; T10, T30, T50 и T90 – время достижения заданной степени (%) вулканизации; R_v – показатель (индекс) скорости вулканизации; λ – коэффициент теплопроводности; ρ – кажущаяся плотность; σ_{сж} – сопротивление сжатию; α – степень равновесного набухания

Исходя из полученных результатов (таблица 3 и рисунок 1), можно отметить, что природа ускорителя вулканизации и вулканизирующая система влияют на пористость полученных резин.

Разность крутящих моментов имеет самые высокие значения в ОВС вне зависимости от природы ускорителя вулканизации. Соответственно, ЭВС имеет самые низкие значения разности крутящих моментов. Из чего можно предположить, что в ЭВС происходит низкое связывание серы с каучуком.

Значения времени начала вулканизации характеризуют способность полученных резиновых смесей к преждевременной вулканизации [19]. Наиболее оптимальными показателями обладают смеси с ПЭВС, при этом самые высокие значения имеют ЭВС, но, с точки зрения технологии вулканизационного процесса, последние являются экономически нецелесообразными и времязатратными.

Соответственно, в зависимости от уменьшения элементарной серы и увеличения концентрации ускорителя вулканизации, наблюдается постепенное увеличение оптимального времени вулканизации (T90).

Показатель скорости вулканизации снижается с уменьшением концентрации вулканизирующего агента (серы). Особенно наглядно это заметно в резиновых смесях с ускорителями вулканизации N-Циклогексил-2-бензтиазолилсульфенамид (CBS) и N-трет-Бутил-2-бензтиазолилсульфенамид (TBBS). В образцах, содержащих 2-меркапто-бензотиазол (МВТ), показатель скорости вулканизации изменяется незначительно. Это связано с тем, что, несмотря на высокую концентрацию МВТ, его скорость присоединения к каучуку резко замедляется после полного присоединения серы, так как количество поперечных связей в системах с таким ускорителем.

ВЛИЯНИЕ ТИПА ВУЛКАНИЗУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ И УСКОРИТЕЛЯ ВУЛКАНИЗАЦИИ НА СВОЙСТВА ПОРИСТЫХ РЕЗИН

телем зависит от количества вулканизирующего агента и оксида цинка, входящих в состав резиновой смеси [20].

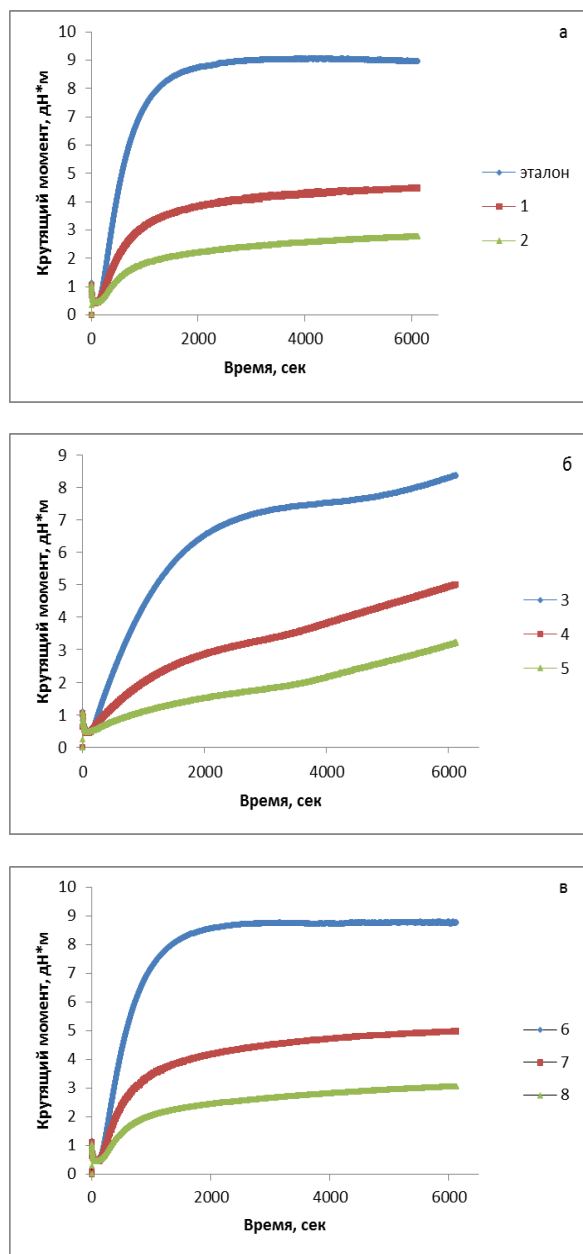


Рисунок 1 – Кривые вулканизации резиновых смесей: а – CBS; б – MBT; в – TBBS

Figure 1 – Vulcanization curves of rubber compounds: а – CBS; б – MBT; в – TBBS

Теплопроводность пористых резин вне зависимости от типа ускорителя вулканизации повышается в системах от ОВС < ПЭВС < ЭВС. Из чего можно предположить, что данное свойство напрямую зависит от количества связанной серы. В подтверждение данного

высказывания можно привести работу [21], в которой автор доказывает, что теплопроводность меняется в зависимости от состава смеси и тепловой эффект увеличивается по мере присоединения серы.

Стоит учитывать: чем выше пористость, тем меньше кажущаяся плотность. Кроме того, значения сопротивления резин при сжатии характеризуют пористость изготовленных образцов. Меньшей сжимаемостью обладают образцы с высоким сопротивлением деформации. Исходя из полученного комплекса результатов, можно сделать вывод, что тип вулканизирующей системы оказывает непосредственное влияние на пористость вулканизатов. С уменьшением количества элементарной серы порообразование повышается. Наиболее наглядно данный процесс наблюдается в образцах с добавлением сульфенамидов (CBS и TBBS), в образцах с добавлением MBT данный эффект не наблюдается.

Из проведенных испытаний установлено, что степень равновесного набухания полученных образцов зависит от природы ускорителя вулканизации. Во всех изготовленных образцах данный показатель повышается с уменьшением доли элементарной серы и увеличением доли ускорителя вулканизации.

ВЫВОДЫ

Результаты проведенных испытаний показывают, что характеристики опытных образцов имеют лучшие значения относительно эталона. А именно, образцы стали легче (кажущаяся плотность) на 8–40 %.

Исходя из проведенного цикла испытаний, можно сделать вывод, что для пористых резин в качестве ускорителя вулканизации следует выбирать CBS, так как он проявляет замедленную скорость во время индукционного периода и большую активность в дальнейшем процессе вулканизации.

В качестве оптимальной вулканизирующей системы, для CBS стоит выделить ПЭВС, потому что в данном типе кажущаяся плотность заметно меньше относительно образцов ОВС и незначительно больше относительно образцов ЭВС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технология резины: рецептуростроение и испытания / Под общ. ред. Дж.С. Дик. Санкт-Петербург. : Научные основы и технологии, 2010. 620 с.
2. Ghorai S., Jalan A.K., Roy M. [et al.]. Turing of accelerator and curing system in devulcanized green natural rubber compounds // Journal Polymer

testing. 2018. V. 69. P. 133–145. <https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2018.05.015>.

3. Aprem A.S., Joseph K., Mathew T. [et al.]. Studies on accelerated sulfur vulcanization of natural rubber using 1-phenyl-2,4-dithiobiuret/tertiary butyl benzothiazole sulphonamide // *European Polymer Journal*. 2003. V. 39. Is. 7. P. 1451–1460. DOI:10.1016/S0014-3057(02)00382-8.

4. Компоненты из вторичного сырья в составе эластомерных композиций / Н.Р. Прокопчук [и др.] // *Вестник технологического университета*. 2015. Т. 18. № 19. С. 194–198.

5. Исследование влияния наполнения резин микроуглеродными волокнами с целью улучшения теплозащитных свойств / В.Ф. Каблов [и др.] // *Известия ВолгГТУ*. 2016. № 12 (191). С. 88–91.

6. Исследование влияния нефтеполимерных смол на упругопрочностные свойства шинных резин / Ж.С. Шашок [и др.] // *Труды БГТУ*. 2020. № 1 (229). С.190–197.

7. Новаков И.А., Вольфсон С.И., Новопольцева О.М. Реологические и вулканизационные свойства эластомерных композиций. Москва. : ИКЦ «Академкнига», 2006. 332 с.

8. Гришин Б.С. Теория и практика усиления эластомеров. Состояние и направления развития : монография. Казань. : КНИТУ, 2016. 420 с.

9. Исследование влияния эффективных вулканизирующих систем на свойства резин на основе бутадиен-нитрильного каучука / Д.С. Востриков [и др.] // *Известия Волгоградского государственного технического университета*. 2019. № 12 (235). С. 126–131.

10. Пичугин А.М. Материаловедческие аспекты создания шинных резин : монография. Москва : НТЦ «НИИШП», 2008. 383 с.

11. Кузьминский А.С., Кавун С.М., Кирпичев В.П. Физико-химические основы получения, переработки и применения эластомеров. Москва : Химия, 1976. 368 с.

12. Datta R.N. Rubber curing systems. *Rapra Rev. Rep.* V.12. 2002. P. 160.

13. Реометрические исследования процессов вулканизации и порообразования вспененных эластомерных материалов / А.В. Шуваева [и др.] // *Каучук и резина*. 2017. Т. 76. № 3. С. 180–184.

14. Vahidifar A., Khorasani S.N., Park C.B. [et al.]. Fabrication and Characterization of Closed-Cell Rubber Foams Based on Natural Rubber/Carbon Black by One-Step Foam Processing // *Industrial and Engineering Chemistry Research*. 2016. V. 55. Is. 8. – P. 2407–2416. DOI:10.1021/acs.iecr.5b04448.

15. Yamsaengsung W., Sombatsompop N. Effect of chemical blowing agent on cell structure and mechanical properties of EPDM foam, and peel strength and thermal conductivity of wood / NR composite – EPDM foam laminates // *Journal Composites Part B: Engineering*. 2009. V. 40. Is. 7. P. 594-600. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2009.04.003>.

16. Najib N.N., Ariff Z.M., Manan N.A. [et al.]. Effect of blowing agent concentration on cell morphology and impact properties of natural rubber foam // *Journal of Physical Science*. 2009. V. 20. Is.1. P. 13–25.

17. Charoeythornkhajhornchai, P.,

Samthong Ch., Boonkerd K., Somwangthanaroj A. Effect of azodicarbonamide on microstructure, cure kinetics and physical properties of natural rubber foam // *Journal of Cellular Plastics*. 2017. V. 53. Is. 3. P. 287–303. <https://doi.org/10.1177/0021955X16652101>.

18. Берлин А.А. Основы производства газонаполненных пластмасс и эластомеров. Москва : Госхимиздат, 1954. 194 с.

19. Surya I., Muniyadi M., Hanafi I. A review on clay-reinforced ethylene propylene diene terpolymer composites // *Journal Polymer Composites*. 2021. V. 42. Is. 4. P. 1–14. DOI: 10.1002/pc.25956.

20. Блох Г.А. Органические ускорители вулканизации каучуков / Под ред. П.И. Захарченко. Москва : Химия, 1964. 545 с.

21. Маслов А.А. Разработка системы принятия решений для определения оптимального режима процесса неизотермической вулканизации : дис ... канд. техн. наук. Воронеж, 2019. 175 с.

Информация об авторах

К. С. Жансакова – аспирант кафедры «Машиностроение и материаловедение» Омского государственного технического университета.

REFERENCES

1. Dick, J.S. (2001). *Rubber technology. Compounding and testing for performance*. Munich: Carl Hanser Verlag.

2. Ghorai, S., Jalan, A.K., Roy, M., Das, A. & De, D. (2018). Turing of accelerator and curing system in devulcanized green natural rubber compounds. *Journal Polymer testing*. (69) 133-145. <https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2018.05.015>.

3. Aprem, A.S., Joseph, K., Mathew, T., Altstaedt, V. & Thomas, S. (2003) Studies on accelerated sulfur vulcanization of natural rubber using 1-phenyl-2,4-dithiobiuret/tertiary butyl benzothiazole sulphonamide. *European Polymer Journal*. 39(7). 1451–1460. DOI:10.1016/S0014-3057(02)00382-8.

4. Prokopchuk, N.R., Kayushnikov, S.N., Kasperovich, A.V., Gurin, P.D. & Shkodich, V.F. (2015). Components from secondary raw materials in the composition of elastomeric compositions. *Bulletin of the Technological University*. 18(19). 194-198. (In Russ.).

5. Kablov, V.F., Keybal, N.A., Novopoltseva, O.M., Rudenko, K.Y., Motchenko, A.O. & Malaho, A.P. (2016). Study of influence of filling rubbers microcarbon fiber with the aim of improving physical-mechanical and heat-shielding properties. *Bulletin of the Volgograd State Technical University*. 12(191). 88-91. (In Russ.).

6. Shashok, Zh.S., Perfilieva, S.A., Prokopchuk, N.R. & Uss, E.P. (2020). Research of influence of petroleum polymer resins on elastic strength properties of tire rubbers. *Works of the Belarusian State Technical University*. 1(229). 190-197. (In Russ.).

7. Novakov, I.A., Wolfson, S.I. & Novopoltseva, O.M. (2006). Rheological and vulcanization

ВЛИЯНИЕ ТИПА ВУЛКАНИЗУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ И УСКОРИТЕЛЯ ВУЛКАНИЗАЦИИ НА СВОЙСТВА ПОРИСТЫХ РЕЗИН

- properties of elastomeric compositions. Moscow: ICC "Akademkniga". (In Russ.).
8. Grishin, B.S. (2016). *Theory and practice of strengthening elastomers. Condition and directions of development. Monograph*, Kazan: KNITU. (In Russ.).
9. Vostrikov, D.S., Bochkarev, E.S., Dimitrov, P.V. & Vaniev, M.A. (2019). Study of the effect of effective vulcanizing systems on the properties of rubbers based on nitrile butadiene rubber. *Journal Bulletin of the Volgograd State Technical University*. 12(235). 126-131. (In Russ.).
10. Pichugin, A.M. (2008). *Material science aspects of creating tire rubbers. Monograph*, Moscow: STC "NIISHP". (In Russ.).
11. Kuzminsky, A.S., Kavun, S.M., Kirpichev, V.P. (1976). *Physico-chemical bases of production, processing and application of elastomers*. Moscow: Chemistry. (In Russ.).
12. Datta, R.N. (2002). Rubber curing systems. *Rapra Rev. Rep.*, (12).
13. Shuvaeva, A.V., Gordenko, D.R., Lyusova, L.R. & Naumova, Yu.A. (2017). Rheometric Study of Vulcanization and Pore Formation of Foaming Elastomer Materials. *Kauchuk i rezina / Sponge rubbers*, 76(3) 180-184. (In Russ.).
14. Vahidifar, A., Khorasani, S.N., Park, C.B., Naguib, H.E. & Khonakdar, H.A. (2016). Fabrication and Characterization of Closed-Cell Rubber Foams Based on Natural Rubber/Carbon Black by One-Step Foam Processing. *Industrial and Engineering Chemistry Research*. 55(8). 2407-2416. DOI:10.1021/acs.iecr.5b04448.
15. Yamsaengsung, W., Sombatsompop, N. (2009). Effect of chemical blowing agent on cell structure and mechanical properties of EPDM foam, and peel strength and thermal conductivity of wood / NR composite - EPDM foam laminates. *Journal Composites Part B: Engineering*. 40(7). 594-600. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2009.04.003>
16. Najib, N.N., Ariff, Z.M., Manan, N.A. Bakar, A.A. & Sipaut, C.S. (2009). Effect of blowing agent concentration on cell morphology and impact properties of natural rubber foam. *Journal of Physical Science*. 20(1). 13-25.
17. Charoeythornkhajhornchai, P., Samthong, Ch., Boonkerd, K. & Somwangthanaroj, A. (2017). Effect of azodicarbonamide on microstructure, cure kinetics and physical properties of natural rubber foam. *Journal of Cellular Plastics*. 53(3). 287-303. <https://doi.org/10.1177/0021955X16652101>.
18. Berlin, A.A. (1954). *Fundamentals of the production of gas-filled plastics and elastomers*. Moscow: Goskhimizdat. (In Russ.).
19. Surya, I., Muniyadi, M. & Hanafi, I. (2021). A review on clay-reinforced ethylene propylene diene terpolymer composites. *Journal Polymer Composites*. 42(4). 1-14. DOI: 10.1002/pc.25956.
20. Blokh, G.A. (1964). *Organic accelerators of rubber vulcanization*. Moscow: Chemistry. (In Russ.).
21. Maslov, A.A. (2019). Development of a decision-making system for determining the optimal mode of the non-isothermal vulcanization process. Ph.D. thesis. Voronezh. (In Russ.).

Information about the author

K. S. Zhansakova – post-graduate student of the Department of Mechanical Engineering and Materials Science of Omsk State Technical University.

Статья поступила в редакцию 28.07.2021; одобрена после рецензирования 15.09.2021; принята к публикации 17.09.2021.

The article was received by the editorial board on 28 July 21; approved after reviewing on 15 Sep 21; accepted for publication on 17 Sep 21.



Научная статья
05.16.01 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов (технические науки)
УДК 620.123
doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.03.027

ВЛИЯНИЕ АЛЮМИНИЯ НА УДЕЛЬНУЮ ТЕПЛОЕМКОСТЬ И ИЗМЕНЕНИЕ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ ЦИНКА

Изатулло Наврузович Ганиев¹, Сафаргул Саидхomidовна Содикова²,
Умарали Шералиевич Якубов³, Сурайё Джамшедовна Алихонова⁴

^{1, 2, 3} Институт химии В.И. Никитина Национальной академии наук Таджикистана, Душанбе, Республика Таджикистан

¹ ganiev48@mail.ru

² ganiev48@mail.ru

³ yakubovumarali@gmail.com

⁴ Российско-Таджикский (Славянский) университет, Душанбе, Республика Таджикистан
thuraya86@inbox.ru

Аннотация. Теплоёмкость является важнейшей характеристикой веществ, и по её изменению от температуры можно определить тип фазового превращения, температуру Дебая, энергию образования вакансий, коэффициент электронной теплоёмкости и др. свойства. В настоящей работе теплоёмкость сплавов системы Zn–Al определялось в режиме «охлаждения», по известной теплоёмкости эталонного образца из гранулированного цинка марки ЦВ00. Для чего обработкой кривых охлаждения образцов из сплавов системы Zn–Al и эталона получены уравнения, описывающие их скорости охлаждения. Далее, по экспериментально найденным величинам скоростей охлаждения эталона и образцов из сплавов, зная их массы, установлены полиномы температурной зависимости теплоёмкости сплавов и эталона, которые описываются четырёхчленным уравнением. Используя интегралы от удельной теплоёмкости, вычислена температурная зависимость изменений энтальпии, энтропии и энергии Гиббса. Полученные зависимости показывают, что с ростом температуры теплоёмкость, коэффициент теплоотдачи, энтальпия и энтропия сплавов увеличиваются, а значения энергии Гиббса уменьшается. При этом добавки алюминия увеличивает теплоёмкость, энтальпию и энтропию цинка, величина энергии Гиббса при этом уменьшается.

Ключевые слова: цинк, алюминий, сплавы Zn–Al, режим «охлаждения», теплоёмкость, коэффициент теплоотдачи, энтальпия, энтропия, энергия Гиббса.

Для цитирования: Влияние алюминия на удельную теплоемкость и изменений термодинамических функций цинка / И. Н. Ганиев [и др.]. // Ползуновский вестник. 2021. № 3. С. 208–216. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.03.027.

Original article

INFLUENCE OF ALUMINUM ON SPECIFIC HEAT CAPACITY AND CHANGES IN THERMODYNAMIC FUNCTIONS OF ZINC

Izatullo N. Ganiev ¹, Safargul S. Sodikova ², Umarali Sh. Yakubov ³,
Surayo J. Alikhonova ⁴

Abstract. Heat capacity is the most important characteristic of substances, and from its change with temperature one can determine the type of phase transformation, Debye temperature, energy of vacancy formation, coefficient of electronic heat capacity, and other properties. In this work, the heat capacity of the alloys of the Zn-Al system was determined in the "cooling" mode, by the known heat capacity of the reference sample of granulated zinc of the CV00 grade. For this, by processing the cooling curves of samples from alloys of the Zn-Al system and the standard, equations are obtained that describe their cooling rates. Further, according to the experimentally found values of the cooling rates of the standard and samples from alloys, knowing their masses, polynomials are established for the temperature dependence of the heat capacity of the alloys and the standard, which are described by a four-term equation. Using integrals of specific heat capacity, the temperature dependence of changes in enthalpy, entropy, and Gibbs energy is calculated. The obtained dependences show that with an increase in temperature, the heat capacity, heat transfer coefficient, enthalpy and entropy of the alloys increase, while the Gibbs energy decreases. In this case, the addition of aluminum increases the heat capacity, enthalpy and entropy of zinc, while the value of the Gibbs energy decreases.

Keywords: zinc, aluminum, Zn-Al alloys, "cooling" mode, heat capacity, heat transfer coefficient, enthalpy, entropy, Gibbs energy.

For citation: Ganiev, I. N., Sodikova, S. S., Yakubov, U. Sh. & Alikhonova, S. J. (2021). Influence of aluminum on specific heat capacity and changes in thermodynamic functions of zinc. *Polzunovskiy vestnik*, (3), 208-216. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.03.027.

Причиной, определяющей «время жизни» сплавов, являются реакции их химических и электрохимических взаимодействий с компонентами окружающей среды. Потребность понимать и предсказывать эти реакции представляет огромный научный и практический интерес. Многообразие и сложность химических и электрохимических процессов, протекающих в многокомпонентных цинковых сплавах при контакте с окружающей средой, не позволяют говорить о законченной термодинамической и кинетической теории процессов.

В настоящее время примерно половина производимого цинка используется в качестве покрытий для защиты от коррозии стальных конструкций и изделий. В последнее время на рынке все чаще стали появляться стальные конструкции с гальфановыми покрытиями, представляющими собой сплавы цинка с 5 и 55 мас. % алюминия (Гальфан I и II соответственно), которые известны как перспективные составы в области оцинкования с точки зрения химико-физических характеристик [1–3].

Сплавы цинка с алюминием являются основой многих коррозионностойких сплавов и защитных покрытий. Дальнейшее повышение коррозионной стойкости гальфановых

покрытий достигается легированием третьим элементом. В частности, в работах [4–6] показано положительное влияние бериллия, магния и щелочноземельных металлов на коррозионную устойчивость данных сплавов. В указанных работах также сообщается об особенностях окисления цинк-алюминиевых сплавов Zn₅Al и Zn₅Al при высоких температурах кислородом газовой фазы.

В литературе нет сведений о влиянии добавок алюминия на теплоемкость и термодинамические функции цинка, хотя эти сведения играют определённую роль при подборе состава сплавов и оценке их работы в различных условиях.

В связи с этим была поставлена задача изучить температурную зависимость теплоемкости, коэффициента теплоотдачи и изменений термодинамических функций сплавов системы Zn–Al.

ТЕОРИЯ МЕТОДА И СХЕМА УСТАНОВКИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛОЕМКОСТИ СПЛАВОВ

Существует много методов измерения теплоемкости твердых тел. В данной работе используется метод сравнения кривых охла-

ждения исследуемого образца с эталонным. Измеряемый образец, нагретый до температуры, превышающей температуру окружающей среды, будет охлаждаться. Скорость охлаждения зависит от теплоемкости материала образца. Сравнивая кривые охлаждения – термограммы (зависимости температуры от времени) двух образцов, один из которых служит эталоном с известной теплоемкостью, можно определить теплоемкость другого, т.е. неизвестного вещества.

Физические основы предлагаемого метода измерения состоят в следующем. Охлаждение образцов обусловлено тремя механизмами теплопередачи – теплопроводностью окружающей среды, конвекцией и излучением. Для первых двух процессов считается, что плотность теплового потока от нагретого тела J пропорционален разности между температурой поверхности образца T и температурой окружающей среды T_0 (закон Ньютона–Рихмана)

$$J = \alpha(T - T_0). \quad (1)$$

Коэффициент теплопередачи α зависит от большого количества параметров, и для него невозможно дать общую формулу. В связи с этим на практике коэффициент теплоотдачи определяется экспериментально. Тепловой поток за счет излучения имеет качественно иную зависимость от температуры (закон Стефана–Больцмана)

$$J = \sigma \varepsilon S (T^4 - T_0^4), \quad (2)$$

где $\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8}$ Вт/м²·К⁻⁴; ε – коэффициент поглощения; S – площадь поверхности тела. Лишь при небольшой разности температур $T - T_0$ он приближенно сводится к виду (1)

$$J = 4\sigma \varepsilon S T_0^3 (T - T_0). \quad (3)$$

Если учитывать излучение с поверхности тела в виде соотношения (3), то температура при охлаждении тела будет спадать по экспоненте. Действительно, уравнение теплового баланса

$$\delta Q = -J dt \quad (4)$$

здесь имеет вид

$$C_p^0 m \frac{dT}{dt} = -\alpha(T - T_0) ds, \quad (5)$$

где C_p^0 , α , m – удельная теплоемкость, коэффициент теплоотдачи и масса тела. Его решением является

$$T(t) = (T_1 - T_0) e^{-t/\tau} + T_0, \quad (6)$$

где T_1 – начальная температура; $\tau = mc/\alpha$ – время тепловой релаксации.

При условии выполнения всех указанных выше требований, теплоемкость материала образца определяется из измеренного по термограмме параметру релаксации τ . Ввиду того, что величина α не известна, измерения необходимо провести параллельно с эталонным образцом с известной теплоемкостью и тех же размеров. При этом условия охлаждения у них должны быть идентичными. Допуская, что коэффициент α у них одинаков, теплоемкость измеряемого материала C_x можно найти по формуле:

$$C_x^0 = C_y^0 \frac{m_y \tau_x}{m_x \tau_y}, \quad (7)$$

где C_y^0 – теплоемкость эталонного материала; m_x и m_y – массы исследуемого и эталонного; τ_x и τ_y – измеренное время тепловой релаксации для исследуемого образца и эталона, которые равны $\tau_y = \left(\frac{dT}{d\tau}\right)_1$ и

$$\tau_x = \left(\frac{dT}{d\tau}\right)_2.$$

Этот метод допускает: 1) постоянство C_x , C_y и α при изменении температуры; 2) охлаждение в бесконечной среде; 3) температуры образцов, при которых излучением можно пренебречь по сравнению с теплопроводностью и конвекцией. Несоблюдение какого-либо из указанных условий нарушает экспоненциальный ход кривой охлаждения [7, 8].

Разбив термограмму на узкие интервалы температур, в которых теплоемкости и коэффициент α можно считать постоянными, учет зависимости C_x и C_y от температуры можно выполнить. При этом для каждого интервала находят свои параметры тепловой релаксации $\tau_x(T)$ и $\tau_y(T)$, которые и используются для расчета $C_x(T)$.

В данной работе определены средние теплоемкости по всему измеряемому интервалу температур. Для всех образцов коэффициенты теплопередачи α предполагаются одинаковыми.

Далее строят кривые охлаждения эталона и исследуемых образцов, которые используются для определения скорости охлаждения τ_y и τ_x . Кривая охлаждения, т.е. термограмма, представляет собой зависимость температуры образца от времени при его охлаждении в неподвижном воздухе.

ВЛИЯНИЕ АЛЮМИНИЯ НА УДЕЛЬНУЮ ТЕПЛОЕМКОСТЬ И ИЗМЕНЕНИЕ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ ЦИНКА

Схема установки для измерения теплоемкости сплавов представлена на рисунке 1. Электропечь 3 смонтирована на стойке 6, по которой она может перемещаться вверх и вниз (стрелкой показано направление перемещения). Образец 4 и эталон 5 (тоже могут перемещаться) представляют собой цилиндр длиной 30 мм и диаметром 16 мм с высверленными каналами с одного конца, в которые вставлены термопары. Концы термопар подведены к цифровому многоканальному термометру 7, 8, 9, который подсоединен к компьютеру 10.

Включаем электропечь через автотрансформатор 1, установив нужную темпе-

ратуру с помощью терморегулятора 2. По показаниям цифрового многоканального термометра отмечаем значение начальной температуры. Вдвигаем измеряемый образец и эталон в электропечь и нагреваем до нужной температуры, контролируя температуру по показаниям цифрового многоканального термометра на компьютере. Далее измеряемый образец и эталон одновременно выдвигаем из электропечи. С этого момента фиксируем снижение температуры и записываем показания цифрового термометра на компьютере через 10 с. Охлаждаем образец и эталон ниже 30 °С [9–12].

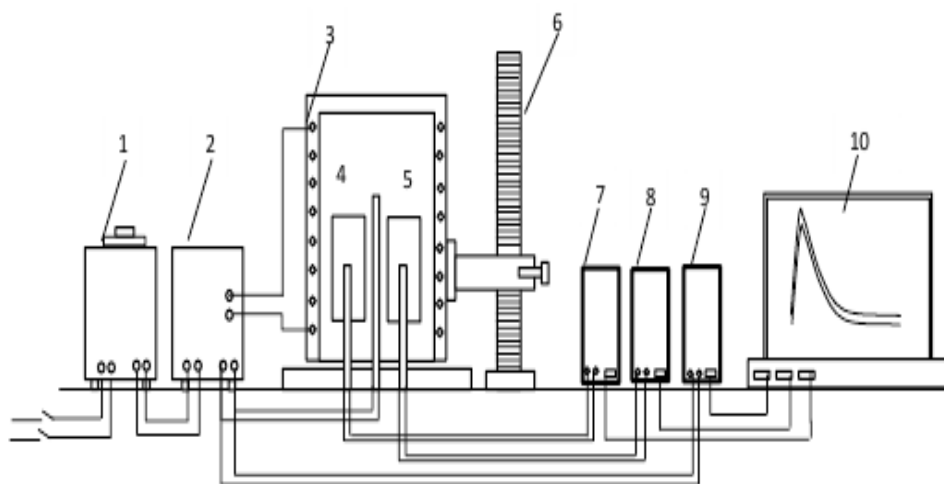


Рисунок 1 – Установка для определения теплоемкости твердых тел в режиме «охлаждения»

Figure 1 – Installation for determining the heat capacity of solids in the "cooling" mode

Для измерения температуры использовали многоканальный цифровой термометр, который позволял прямо фиксировать результаты измерений на компьютере в виде таблиц. Точность измерения температуры составляла 0,1 °С. Временной интервал фиксации температуры составлял 10 секунд. Относительная ошибка измерения температуры в интервале от 40 °С до 400 °С составляла $\pm 1\%$. Погрешность измерения теплоемкости по предлагаемой методике не превышает 4–6 % в зависимости от температуры. Обработка результатов измерений производилась с помощью программы MS Excel. Графики строились с помощью программы Sigma Plot. Подробная методика исследования теплоемкости сплавов представлена в работах [13–17].

Целью данной работы является определение удельной теплоемкости сплавов цинка с алюминием по известной удельной теплоемкости эталонного образца из гранулированного цинка марки ЦВ00.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Для исследования теплоемкости сплавов системы Zn–Al их получали в шахтной печи сопротивления типа СШОЛ (сопротивление шахтное опытное лабораторное) в тиглях из оксида алюминия, в интервале температур 600–700 °С из гранулированного цинка марки ЦВ00 и алюминия марки А7. Из полученных сплавов в графитовую изложницу отливали цилиндрические образцы диаметром 16 мм и длиной 30 мм для исследования теплоемкости.

Сплавы цинка марки ЦВ00 с алюминием марки А7 подвергались химическому анализу на содержание основных компонентов в Центральной заводской лаборатории алюминиевой компании ГУП «ТалКо». Состав полученных сплавов контролировался также взвешиванием образцов до и после сплавления.

В дальнейшем исследованию подвергались сплавы, у которых разница в массе до и после сплавления не превышала 2 % (отн.).

Экспериментально полученные кривые охлаждения образцов из сплавов цинка с алюминием представлены на рисунке 2, а и описываются уравнением вида

$$T = ae^{-bt} + pe^{-kt}, \quad (8)$$

где a, b, p, k – постоянные для данного образца; t – время охлаждения.

Указанное уравнение нами получено математической обработкой кривых охлаждения образцов сплавов. Количество экспонентов (их два) в уравнении (8) нами выбрано исходя

из коэффициента корреляций, которое при двух экспоненциальных зависимостях равнялось не менее $R > 0,999$ %.

Дифференцируя (8) по t , получаем уравнение для определения скорости охлаждения сплавов

$$\frac{dT}{dt} = -abe^{-bt} - pke^{-kt}. \quad (9)$$

Значения коэффициентов a, b, p, k, ab, pk в уравнении (9) для исследованных сплавов приведены в таблице 1. Кривые зависимости скорости охлаждения от температуры для образцов из сплавов системы Zn–Al представлены на рисунке 2, б.

Таблица 1 – Значения коэффициентов в уравнении (9) для сплавов системы Zn–Al

Table 1 – Values of the coefficients of equation (9) for alloys of the Zn–Al system

Содержание алюминия в цинке, мас. %	a, K	b, c^{-1}	p, K	$k \cdot 10^{-5}, c^{-1}$	$a \cdot b, K \cdot c^{-1}$	$pk \cdot 10^{-2}, K \cdot c^{-1}$
Эталон (Zn марки ЦВ00)	209.3585	4.33	319.2681	4.3125	9.07	1.38
+0.1Al	207.2786	4.60	322.1181	4.7191	9.54	1.52
+1.0Al	207.2758	4.60	320.1210	4.7502	9.54	1.52
+2.0Al	207.2791	4.60	322.5175	4.7129	9.54	1.52
+4.0Al	207.2786	4.60	322.1181	4.7191	9.54	1.52

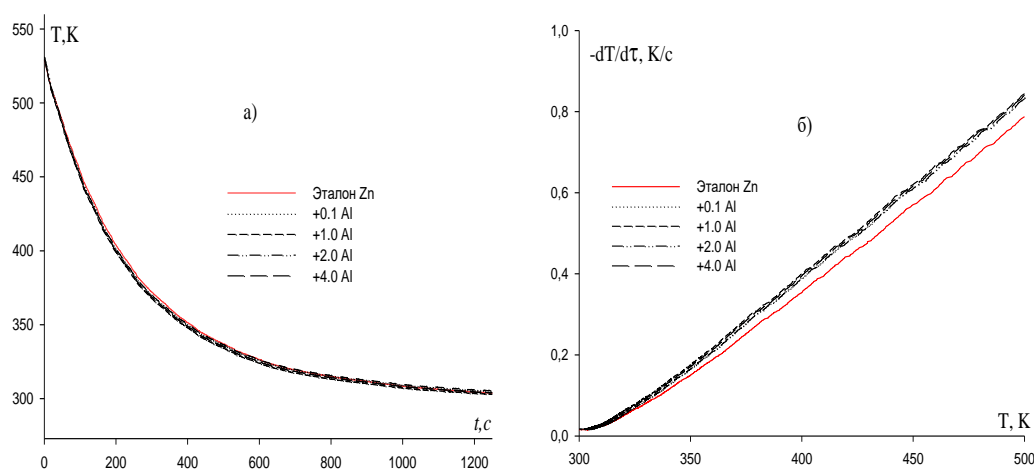


Рисунок 2 – График зависимости температуры от времени охлаждения (а) и скорости охлаждения от температуры (б) для образцов из сплавов системы Zn–Al

Figure 2 – Diagram of temperature versus cooling time (a) and cooling rate versus temperature (b) for samples from alloys of the Zn–Al system

Далее по рассчитанным значениям величин скоростей охлаждения образцов из сплавов по уравнению (7) была вычислена удельная теплоемкость сплавов цинка с алюминием. Получено следующее общее уравнение температурной зависимости удельной теплоемкости сплавов системы Zn–Al

$$C_p^0 = a + bT + cT^2 + dT^3 \quad (10)$$

Значения коэффициентов в уравнении (10) представлены в таблице 3.

Увеличение количества коэффициентов в уравнении (10) возможно, но его использование для расчета термодинамических функций усложняет оформление конечных результатов (с ростом количества коэффициентов в уравнениях (12)–(14) в таблице 5 после запятой значительно растёт количество цифр).

ВЛИЯНИЕ АЛЮМИНИЯ НА УДЕЛЬНУЮ ТЕПЛОЕМКОСТЬ И ИЗМЕНЕНИЕ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ ЦИНКА

Таблица 3 – Значения коэффициентов a , b , c , d в уравнении (10) для сплавов системы Zn–Al

Table 3 – Values of coefficients a , b , c , d in equation (10) for alloys of the Zn–Al system

Содержание алюминия в цинке, мас. %	a , Дж/кг·К	b , Дж/кг·К ²	$c \cdot 10^{-3}$, Дж/кг·К ³	$d \cdot 10^{-6}$, Дж/кг·К ⁴	Коэффициент корреляции R , %
Эталон (Zn марки ЦВ00)	335.60	0.2515	-0.35	0.35	1.0
+0.1Al	-199.82	4.0235	-8.9249	6.84	0.9986
+1.0Al	-189.39	3.9953	-8.8947	6.85	0.9986
+2.0Al	-194.05	4.0454	-8.9531	6.85	0.9986
+4.0Al	-205.88	4.2117	-9.3623	7.19	0.9986

Результаты расчета C_p^0 по формулам (7) и (10) через 50 К представлены в таблице 4 и на рисунке 3, а. Анализ зависимости изменений теплоемкости сплавов системы Zn–

Al от концентрации легирующей добавки в пределах изученной концентрации алюминия в цинке (0,1–4,0 мас. %) показал на увеличение теплоемкости сплавов системы Zn–Al.

Таблица 4 – Температурная зависимость удельной теплоемкости сплавов системы Zn–Al

Table 4 – Temperature dependence of the specific heat capacity of alloys of the Zn–Al system

Содержание алюминия в цинке, мас. %	Т, К				
	300	350	400	450	500
Эталон (Zn марки ЦВ00)	389.00	395.76	402.60	409.79375	417.60
+0.1Al	389.11	408.97	420.138	427.748	436.928
+1.0Al	394.05	413.63	424.7318	432.47805	442.0118
+2.0Al	399.01	419.15	430.505	438.20625	447.395
+4.0Al	409.36	429.89	441.363	449.17675	458.723

Используя значения удельной теплоемкости сплавов цинка с алюминием и экспериментально полученные значения скорости охлаждения образцов, вычислили коэффициент теплоотдачи сплавов системы Zn–Al по уравнению

$$\alpha = \frac{C_p^0 m \frac{dT}{d\tau}}{(T - T_0)S}, \quad (11)$$

где T и T_0 – температуры образца и окружающей среды; S , m – площадь поверхности и масса образца, соответственно. Температурная зависимость коэффициента теплоотдачи для сплавов системы Zn–Al представлена на рисунке 3, б.

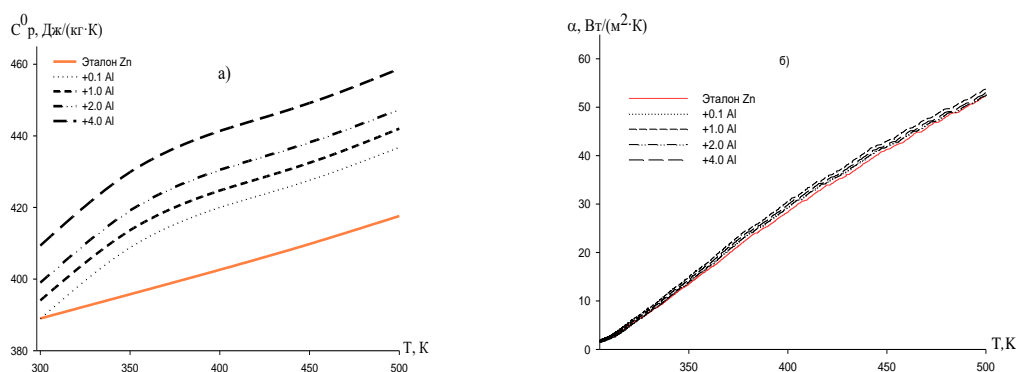


Рисунок 3 – Температурная зависимость удельной теплоемкости (а) и коэффициента теплоотдачи (б) сплавов системы Zn–Al

Figure 3 – Temperature dependence of specific heat (a) and coefficient heat transfer (b) alloys of the Zn–Al system

Таблица 5 – Температурная зависимость изменений термодинамических функций сплавов системы Zn–Al

Table 5 – Temperature dependence of changes in the thermodynamic functions of alloys of the Zn–Al system

Содержание алюминия в сплаве цинке, мас. %	Содержание алюминия в цинке, мас. %				
	Т.К				
	300	350	400	450	500
$[H^0(T) - H^0(T_0^*)]$, кДж/кг для сплавов					
Эталон (Zn марки ЦВ00)	0.719417	20.33851	40.2965	60.60434	81.28608
+0.1Al	0.718957	20.71775	41.47092	62.67222	84.27189
+1.0Al	0.728116	20.96637	41.95021	63.38371	85.22781
+2.0Al	0.737274	21.23881	42.50619	64.22848	86.35161
+4.0Al	0.756396	21.78666	43.59445	65.86196	88.5410
$[S^0(T) - S^0(T_0^*)]$, кДж/(кг·К) для сплавов					
Эталон (Zn марки ЦВ00)	0.002405	0.062878	0.116168	0.163998	0.207572
+0.1Al	0.002404	0.064021	0.119429	0.169363	0.21487
+1.0Al	0.002435	0.064791	0.120814	0.171296	0.217317
+2.0Al	0.002465	0.065632	0.122412	0.173574	0.220184
+4.0Al	0.002529	0.067325	0.125549	0.177994	0.225775
$[G^0(T) - G^0(T_0^*)]$, кДж/кг для сплавов					
Эталон (Zn марки ЦВ00)	-0,00223	-1,66881	-6,1708	-13,1949	-22,4999
+0.1Al	-0,00223	-1,68968	-6,30057	-13,5412	-23,1630
+1.0Al	-0,00225	-1,71036	-6,37551	-13,6993	-23,4306
+2.0Al	-0,00228	-1,73235	-6,45876	-13,8798	-23,7402
+4.0Al	-0,00234	-1,77714	-6,62502	-14,2355	-24,3466

* $T_0=298,15$ К

Для расчета температурной зависимости изменений энтальпии, энтропии и энергии Гиббса по (12)–(14) были использованы инте-

гралы от удельной теплоемкости по уравнению (10)

$$H^0(T) - H^0(T_0) = a(T - T_0) + \frac{b}{2}(T^2 - T_0^2) + \frac{c}{3}(T^3 - T_0^3) + \frac{d}{4}(T^4 - T_0^4); \quad (12)$$

$$S^0(T) - S^0(T_0) = a \ln \frac{T}{T_0} + b(T - T_0) + \frac{c}{2}(T^2 - T_0^2) + \frac{d}{3}(T^3 - T_0^3); \quad (13)$$

$$[G^0(T) - G^0(T_0)] = [H^0(T) - H^0(T_0)] - T[S^0(T) - S^0(T_0)], \quad (14)$$

где $T_0 = 298,15$.

Результаты расчета температурных зависимостей изменений энтальпии, энтропии и энергии Гиббса через 50 К представлены в таблице 5.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В режиме «охлаждения» по известной теплоемкости эталонного образца из исходного цинка марки ЦВ00 установлена теплоемкость сплавов системы Zn–Al. Получены математические модели, описывающие температурную зависимость теплоемкости и изменений термодинамических функций (энтальпия, энтропия,

энергия Гиббса) сплавов в интервале температур 300–500 К. С помощью полученных полиномиальных зависимостей показано, что с ростом температуры теплоемкость, энтальпия и энтропия сплавов увеличиваются, а значения энергии Гиббса уменьшается. Добавки алюминия в изученном концентрационном интервале (0.1–4,0 мас. %) увеличивает теплоемкость, энтальпию и энтропию алюминия. При этом значение энергии Гиббса уменьшается. Изменение теплоемкости цинка при его легировании алюминием объясняется тем, что добавка изменяет форму и характер кристаллизаций твердого раствора цинка в сплавах.

ВЛИЯНИЕ АЛЮМИНИЯ НА УДЕЛЬНУЮ ТЕПЛОЕМКОСТЬ И ИЗМЕНЕНИЕ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ ЦИНКА

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Conceição A.M., Dutra E.N., Codaro R.Z., Nakazato. Electrochemical Behavior and Corrosion Study of Electrodeposits of Zn and Zn-Fe-Co on Steel // *Materials Sciences and Applications*. 2012. Vol. 3. Iss. 6. P. 348.

2. Myeong H.L., Yeon W.K., Kyung M.L., Seung H.L., Kyung M.M. Electrochemical evaluation of zinc and magnesium alloy coatings deposited on electro-galvanized steel by PVD // *Trans. Nonferrous Met. Soc. China*. 2013. № 23. P. 876–880.

3. Алиев Дж.Н., Обидов З.Р., Ганиев И.Н. Цинк-алюминиевые защитные покрытия нового поколения. Физико-химические свойства цинк-алюминиевых сплавов с щелочноземельными металлами. Германия : Издательский дом LAP LAMBERT Academic Publishing. 2013. С. 35–68.

4. Обидов З.Р., Ганиев И.Н. Физикохимия цинк-алюминиевых сплавов с редкоземельными металлами. Душанбе : «Андалеб Р». 2015. С. 319–320.

5. Кечин В.А., Люблинский Е.Я. Цинковые сплавы. М. : Металлургия, 1986. С. 210–224.

6. Amini R.N., Obidov Z.R., Ganiev I.N., Mo-hamad R.B. Potentiodynamical research of Zn–Al–Mg alloy system in the neutral ambience of NaCl electrolyte and influence of Mg on the structure // *Journal of Surface Engineered Materials and Advanced Technology*. 2012. Vol. 2. № 2. P. 110–114.

7. Киров С.А., Салецкий А.М., Харабадзе Д.Э. Изучение явлений переноса в воздухе. Описание задачи № 219 общего физического практикума "Молекулярная физика". М. : ООП Физ. фак-та МГУ, 2013. 22 с.

8. Булкин П.С., Попова И.И. «Общий физический практикум. Молекулярная физика». М. : Изд-во МГУ, 1988. 215 с.

9. Ganiev I.N., Safarov A.G., Odinaev F.R., Yakubov U.Sh., Kabutov K. Temperature dependence of the specific heat and the changes in the thermodynamic functions of a bismuth-bearing AZh4.5 Alloy // *Russian Metallurgy (Metally)*. 2020. № 1. P. 17–24.

10. Ганиев И.Н., Норова М.Т., Эшов Б.Б., Иброхимов Н.Ф., Иброхимов С.Ж. Влияние добавок скандия на температурную зависимость теплоёмкости и изменений термодинамических функций алюминиево-магниевого сплава // *Физика Металлов и Металловедение*. 2020. Т. 121. № 1. С. 25–31.

11. Ganiev I.N., Nazarova M.T., Yakubov U.Sh., Safarov A.G., Kurbonova M.Z. Influence of lithium on specific heat capacity and changes in the thermodynamic functions of aluminum alloy AB1 // *High Temperature*. 2020. Vol. 58. № 1. P. 58–63.

12. Ганиев И.Н., Шарипова Х.Я., Одиназода Х.О., Иброхимов Н.Ф., Ганиева Н.И. Теплофизические свойства и термодинамические функции алюминиево-магниевого сплава AMg2 с индием // *Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова*. 2019. Т. 17. № 4. С. 34–43.

13. Ганиев И.Н., Якубов У.Ш., Назарова М.Т., Курбонова М.З. Влияние добавок калия на температурную зависимость теплоёмкости и изменений

термодинамических функций алюминиевого сплава AB1 // *Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева*. 2019. Т. 75. № 4. С. 16–22.

14. Ганиев И.Н., Ниёзов О.Х., Муллоева Н.М., Эшов Б.Б., Новоженев В.А. Влияние добавок стронция и хлорид-иона на анодное поведение сплава ССуЗ // *Журнал «Ползуновский вестник» ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова*. – 2019. – № 2. С. 143–150.

15. Ганиев И.Н., Назарова М.Т., Курбонова М.З., Якубов У.Ш. Влияния натрия на удельную теплоёмкость и изменение термодинамических функций алюминиевого сплава AB1 // *Известия Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический институт)*. 2019. № 51 (77). С. 25–30.

16. Ниёзов О.Х., Ганиев И.Н., Сафаров А.Г., Муллоева Н.М., Якубов У.Ш. Температурная зависимость теплоёмкости и изменение термодинамических функций свинцового сплава ССуЗ с кальцием // *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия «Металлургия»*. 2019. Т. 19. № 3. С. 33–43.

17. Ganiev I.N., Safarov A.G., Odinaev F.R., Yakubov U.Sh., Kabutov K. Temperature dependence of heat capacity and the variation in thermodynamic function of the AZh 4.5 alloy doped with tin // *Russian Journal of Non-Ferrous Metals*. 2019. Vol. 60. № 2. P. 139–145.

Информация об авторах

И. Н. Ганиев – д.х.н., профессор, академик НАНТ, зав. лабораторией Института химии В.И. Никитина Национальной академии наук Таджикистана.

С. С. Содикова – PhD-докторанта Института химии В.И. Никитина Национальной академии наук Таджикистана.

У. Ш. Якубов – ст. научный сотрудник Института химии В.И. Никитина Национальной академии наук Таджикистана.

С. Дж. Алихонова – к.х.н., ст. преподаватель кафедры «Химия и биология» Российско-Таджикского (Славянского) университета.

REFERENCES

1. Conceição A.M., Dutra E.N., Codaro R.Z., Nakazato. (2012). Electrochemical Behavior and Corrosion Study of Electrodeposits of Zn and Zn-Fe-Co on Steel. *Materials Sciences and Applications*, 3(6), 348.

2. Myeong, H.L., Yeon, W.K., Kyung, M.L., Seung, H.L. & Kyung, M.M. (2013). Electrochemical evaluation of zinc and magnesium alloy coatings deposited on electro-galvanized steel by PVD. *Trans. Nonferrous Met. Soc. China*. (23). P. 876-880.

3. Aliev, J.N., Obidov, Z.R. & Ganiev, I.N. (2013). New generation zinc-aluminum protective coatings. Physicochemical properties of zinc-aluminum alloys with alkaline earth metals. Germany: Publishing house LAP LAM-BERT Academic Publishing. S. 35-68.
4. Obidov, Z.R. & Ganiev, I.N. (2015). *Physico-chemistry of zinc-aluminum alloys with rare earth metals*. Dushanbe: "Andaleb R".
5. Kechin, V.A. & Lyublinsky, E.Ya. (1986). *Zinc alloys*. M. : Metallurgy. (In Russ.).
6. Amini, R.N., Obidov, Z.R., Ganiev, I.N. & Mo-hamad, R.B. (2012). Potentiodynamical research of Zn-Al-Mg alloy system in the neutral ambience of NaCl electrolyte and influence of Mg on the structure. *Journal of Surface Engineered Materials and Advanced Technology*, 2(2), 110-114.
7. Kirov, S.A., Saletsky, A.M. & Kharabadze, D.E. (2013). *Study of transport phenomena in the air. Description of the problem No. 219 of the general physics workshop "Molecular Physics"*. M. : OOP Phys. Faculty of Moscow State University. (In Russ.).
8. Bulkin, P.S. & Popova, I.I. (1988). General physics workshop. Molecular physics. M. : Publishing house of Moscow State University. (In Russ.).
9. Ganiev, I.N., Safarov, A.G., Odinaev, F.R., Yakubov, U.Sh. & Kabutov, K. (2020). Temperature dependence of the specific heat and the changes in the thermodynamic functions of a bismuth-bearing AZh4.5 Alloy. *Russian Metallurgy (Metally)*, (1), 17-24.
10. Ganiev, I.N., Norova, M.T., Eshov, B.B., Ibrokhimov, N.F. & Ibrokhimov, S.Zh. (2020). Influence of scandium additions on temperature dependence of heat capacity and changes in thermodynamic functions of aluminum-magnesium alloys. *Physics of Metals and Metallovedenie*. 121(1), 25-31. (In Russ.).
11. Ganiev, I.N., Nazarova, M.T., Yakubov, U.Sh., Safarov, A.G., Kurbonova, M.Z. (2020). Influence of lithium on specific heat capacity and changes in the thermodynamic functions of aluminum alloy AB1. *High Temperature*. 58(1), 58-63. (In Russ.).
12. Ganiev, I.N., Sharipova, Kh.Ya., Odinazoda, Kh.O., Ibrokhimov, N.F. & Ganieva, N.I. (2019). Thermophysical properties and thermodynamic functions of the aluminum-magnesium alloy AMg2 with indium. *Bulletin of the Magnitogorsk State Technical University. G.I. Nosov*. 17(4), 34-43. (In Russ.).
13. Ganiev, I.N., Yakubov, U.Sh., Nazarova, M.T. & Kurbonova, M.Z. (2019). The effect of potassium additives on the temperature dependence of the heat capacity and changes in the thermodynamic functions of the AB1 aluminum alloy. *Vestnik Kazan State Technical University named after A.N. Tupolev*. 75(4), 16-22. (In Russ.).
14. Ganiev, I.N., Niyozov, O.Kh., Mulloeva, N.M., Eshov, B.B. & Novozhenov, V.A. (2019). *Polzunovskiy vestnik*, (2), 143-150. (In Russ.).
15. Ganiev, I.N., Nazarova, M.T., Kurbonova, M.Z., Yakubov, U.Sh. (2019). Influence of sodium on the specific heat and changes in the thermodynamic functions of the aluminum alloy AB1. *Izvestia Saint-Petersburg State Technological Institute (Technical Institute)*. 51 (77). 25-30. (In Russ.).
16. Niyozov, O.Kh., Ganiev, I.N., Safarov, A.G., Mulloeva, N.M. & Yakubov, U.Sh. (2019). Temperature dependence of heat capacity and change in thermodynamic functions of lead alloy SSUZ with calcium. *Bulletin of the South Ural State University. Metallurgy series*. 19(3), 33-43. (In Russ.).
17. Ganiev, I.N., Safarov, A.G., Odinaev, F.R., Yakubov, U.Sh., Kabutov, K. (2019). Temperature dependence of heat capacity and the variation in thermodynamic function of the AZh 4.5 alloy doped with tin. *Russian Journal of Non-Ferrous Metals*. 60(2), 139-145. (In Russ.).

Information about the authors

I. N. Ganiev – Doctor of Chemical Sciences, Professor, Academician of the National Academy of Science, head of laboratory of V.I. Nikitin Institute of Chemistry (National Academy of Sciences of Tajikistan).

S. S. Sodikova – PhD-doctoral student of V.I. Nikitin Institute of Chemistry (National Academy of Sciences of Tajikistan).

U. Sh. Yakubov – senior researcher at V.I. Nikitin Institute of Chemistry (National Academy of Sciences of Tajikistan).

S. J. Alikhonova – Ph.D., senior lecturer at the Department of Chemistry and Biology (Russian-Tajik (Slavonic) University).

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 15.06.2021; одобрена после рецензирования 10.09.2021; принята к публикации 17.09.2021.

The article was received by the editorial board on 15 June 21; approved after editing on 10 Sep 21; accepted for publication on 17 Sep 21.

АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

<i>Алексеева Н. В.</i>	170	<i>Лукин А. А.</i>	89
<i>Алихонова С. Дж.</i>	208	<i>Лындина М. И.</i>	68
<i>Андреев В. Н.</i>	111	<i>Макарова В. Н.</i>	75
<i>Березовский Ю. М.</i>	111	<i>Мартеха А. Н.</i>	111
<i>Бец Ю. А.</i>	155	<i>Михайлова О. Ю.</i>	35
<i>Болгова И. Н.</i>	13	<i>Мозжерина И. В.</i>	163
<i>Болгова М. А.</i>	13	<i>Наумова Н. Л.</i>	89, 155
<i>Борисова А. В.</i>	83	<i>Новоселов А. Г.</i>	42
<i>Бочкарёва З. А.</i>	75	<i>Павлов И. Н.</i>	54
<i>Бредихин С. А.</i>	111	<i>Панкрашкина И. В.</i>	155
<i>Буракова Л. Н.</i>	117	<i>Пискуненко К. Р.</i>	141
<i>Быков В. И.</i>	179	<i>Плотников Д. А.</i>	117
<i>Вольф А. А.</i>	131	<i>Пономарева С. М.</i>	68
<i>Вольф Е. Ю.</i>	131	<i>Попов В. Г.</i>	141, 163
<i>Габышев А. А.</i>	189	<i>Протункевич И. В.</i>	68
<i>Ганиев И. Н.</i>	208	<i>Пчелинцева О. Н.</i>	75
<i>Гетманец В. Н.</i>	123	<i>Равичев Л. В.</i>	179
<i>Гильдерман Д. Д.</i>	95	<i>Резниченко И. Ю.</i>	147
<i>Густова Т. В.</i>	102	<i>Санжаровская Н. С.</i>	61
<i>Дейслинг Д. И.</i>	35	<i>Свитцов А. А.</i>	179
<i>Джубари М. К.</i>	170	<i>Симакова И. В.</i>	131
<i>Егорова Е. Ю.</i>	21	<i>Соболев Е. Г.</i>	75
<i>Ерофеевская Л. А.</i>	189	<i>Содикова С. С.</i>	208
<i>Жансакова К. С.,</i>	201	<i>Сорокин С. А.</i>	42
<i>Ильина С. И.</i>	179	<i>Стурова Ю. Г.</i>	95
<i>Клейменова Н. Л.</i>	13	<i>Суздальцева О. А.</i>	42
<i>Козырева В. М.</i>	131	<i>Терентьева А. С.</i>	7
<i>Коломиец В. И.</i>	61	<i>Ткачева А. Ю.</i>	21
<i>Копылов М. В.</i>	13	<i>Федоров А. А.</i>	42
<i>Кох Д. А.</i>	30, 54	<i>Фомина Е. А.</i>	42
<i>Кох Ж. А.</i>	54	<i>Хвостов И. И.</i>	83
<i>Кравцова Е. В.</i>	42	<i>Храпко О. П.</i>	61
<i>Крылова В. Б.</i>	102	<i>Чистяков А. М.</i>	147
<i>Кузьмин С. В.</i>	163	<i>Шелковская Н. К.</i>	35
<i>Кычкин А. А.</i>	189	<i>Ширяева А. Е.</i>	7
<i>Кычкин А. К.</i>	189	<i>Шохин Д. А.</i>	21
<i>Литовка Ю. А.</i>	54	<i>Щеглов М. С.</i>	147
<i>Логинов В. Я.</i>	179	<i>Якубов У. Ш.</i>	208

ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЬИ

Статья объемом 5 страниц (по согласованию с редакцией, допускаются статьи объемом от 3 до 10 страниц), имеющая индекс УДК, аннотацию и ключевые слова на русском языке, перевод метаданных статьи на английский язык, сведения об авторах (учёной степени, звания и места работы, e-mail и идентификаторе ORCID).

Работы принимаются в текстовом редакторе Microsoft Word.

Во вкладке «Разметка страницы»: используется размер бумаги формата А4, ориентация листа книжная. Поля: верхнее – 3,5 см; нижнее – 2,5 см; левое – 2,5 см; правое – 2,5 см; переплет – 0 см; В диалоге «Колонки» – «Другие колонки» выбирается расположение текста в "две" колонки, устанавливается ширина колонок – 7,65 см, промежуток между ними – 0,7 см. В диалоге «Расстановка переносов» выбирается "авто".

Во вкладке «Вставка» выбирается «Верхний колонтитул» – «Пустой», далее появляется вкладка «Конструктор», включаются "Особый колонтитул для первой страницы" и "Разные колонтитулы для четных и нечетных страниц". Колонтитулы от края: верхний – 2,0 см; нижний – 2,0 см.

Структура статьи в обязательном порядке должна содержать:

- Тип статьи (научная статья, обзорная статья), научная специальность, индекс УДК и doi (размещение в левом верхнем углу документа, каждая запись на отдельной строке, без точек).

- Названия статей набираются прописными буквами (шрифт «Arial», размер шрифта текста – 14 пунктов, полужирный) по центру документа.

- Имена, отчества и фамилии авторов размещаются под названием статьи (шрифт «Arial», размер шрифта текста – 12 пунктов), над фамилией ставят надстрочную цифру, по порядку, ниже все надстрочные цифры расшифровываются (сведения о месте работы, город, страна, адрес электронной почты и идентификатор ORCID авторов).

- Аннотацию формируют по ГОСТ Р 7.0.99. Объем аннотации от 150 до 250 слов. Перед аннотацией приводят слово «Аннотация» («Abstract»). Шрифт «Arial», размер шрифта – 10 пунктов, курсив, красная строка – 0,8 см, интервал между строками «одинарный». Аннотация должна быть информативной (не содержать общих слов), оригинальной, отражать основное содержание статьи и результаты исследования (обоснование, предмет, цель работы, метод или методологию проведения работы, область применения результатов, выводы).

- Перед ключевыми словами приводят слово «Ключевые слова» («Keywords») Количество ключевых слов или словосочетаний от 10 до 15. (шрифт «Arial», размер шрифта – 10 пунктов, курсив, красная строка – 0,8 см, интервал между строками «одинарный»).

- После ключевых слов могут быть приведены слова благодарности организациям, учреждениям, руководителям, могут быть приведены сведения о проектах, научно-исследовательских работах, финансировании и т.п. Эти сведения приводят с предшествующим словом «Благодарности» («Acknowledgements») (шрифт «Arial», размер шрифта – 10 пунктов, курсив, красная строка – 0,8 см, интервал между строками «одинарный»).

- Далее отделяют чертой строку и ниже пишут «Для цитирования» («For citation»), после вставляют библиографическую запись на статью для дальнейшего цитирования (составляют по ГОСТ Р.7.0.5-2008). После записи отделить чертой данный текст.

- После записи всех метаданных статьи на русском языке необходимо привести все метаданные на английском языке (отчества сокращают до буквы в английском языке).

- Основной текст (для основной части текста используется шрифт «Arial», размер шрифта основного текста – 10 пунктов, красная строка (отступ) – 0,8 см, интервал между строками «одинарный»).

Структура основного текста статьи:

1) **Введение** – в этом разделе описывается существующая научная проблема и представляется краткий литературный обзор по состоянию обозначенной проблемы.

2) **Методы / методология / методика исследований** – приводится теория или методика экспериментального исследования, приводится обоснование выбора данного материала и методов исследования.

3) **Результаты и их обсуждение** – раздел содержит краткое описание полученных теоретических или экспериментальных результатов. Результаты рекомендуется излагать в прошедшем времени. В обсуждении рекомендуется объяснить значимость вашего исследования. Показать, какие знания были получены результате исследования, обозначить их перспективы и сравнить их с существующим положением в данной области, описанным в разделе «Введение». Данные должны быть систематизированы и иметь логическую связь с текстом.

4) **Выводы** – этот раздел рекомендуется начать с нескольких фраз, подводящих итог проделанной работе, а затем в виде списка представляются основные выводы.

5) **Список литературы** (шрифт «Arial», размер – 9 пунктов) – не менее 10 позиций, оформляется в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5-2008 «Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления».

- Сведения об авторах приводятся после списка литературы, с предшествующими словами «Информация об авторах» - инициалы, фамилия — учёная степень, звание, место работы, телефон);
- После приводят список литературы на латинице (REFERENCES) согласно стилю APA (American Psychological Association - <https://apastyle.apa.org>). Нумерация записей в дополнительном перечне должна совпадать с нумерацией записей в основном перечне затекстовых библиографических ссылок.
- Ниже приводятся сведения об авторах на английском языке после слов «Information about the authors».
- В конце статьи авторы должны указать об отсутствии или наличии конфликта интересов.

Для создания формул и таблиц используются встроенные возможности Microsoft Word. Рисунки цифрового формата (в электронном виде) создаются средствами Microsoft Word или другими программами и вставляются в нужное место документа, название таблиц и рисунков дублируются на английском языке.

Размеры рисунков не должны превышать границы полей страницы основного текста документа с учетом подрисуночной подписи. Рисунки издательством не редактируются. Если рисунок по ширине превышает размер колонки, то необходимо ставить перед ним и после него разрыв раздела на текущей странице и располагать рисунок в начале или в конце страницы.

Рисунки, надписи и объекты Microsoft Word должны перемещаться вместе с текстом, т.е. быть не поверх текста.

ПРИМЕР ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЬИ:

Научная статья

05.18.04 Технология мясных, молочных и рыбных продуктов и холодильных производств (технические науки)

УДК 533.9.07

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.01.001

РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ХРАНЕНИЯ ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ ПУТЕМ ОБРАБОТКИ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ГАЗОВОЙ ПЛАЗМОЙ

Имя Отчество Фамилия ¹, Имя Отчество Фамилия ²,
Имя Отчество Фамилия ³, Имя Отчество Фамилия ⁴,
Имя Отчество Фамилия ⁵

^{1, 2, 3} Уральский государственный экономический университет, Екатеринбург, Россия

¹ moskalenko_nu@usue.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8204-97>

² tihonov_75@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4863-98>

³ tihonov_75@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5841-17>

⁴ Всероссийский научно-исследовательский институт птицеперерабатывающей промышленности, Сергиев Посад, Россия, ssvictory@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6597-0492>

⁵ Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова, Москва, Россия, ssvictory@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5889-91>

Аннотация. Целью исследования является разработка и оценка эффективности.....

Ключевые слова: низкотемпературная плазма атмосферного давления, холодная плазма, генератор плазмы, аргоновая плазма, мясо, срок хранения, микроорганизмы, бактерицидное действие.

Благодарности: работа выполнена в рамках госзадания Минобрнауки РФ (государственное задание № -40-01 от 21.02.2019; мнемокод 01-2019-03; номер темы FM-20203).

Для цитирования: Разработка устройства для увеличения продолжительности хранения пищевой продукции путем обработки низкотемпературной газовой плазмой / И. О. Фамилия и др. // Ползуновский вестник. 2021. № 1. С. 3-7. doi: 10.25712/ ASTU.2072-8921.2021.01.001.

DEVELOPMENT OF A DEVICE FOR INCREASING THE DURATION OF STORAGE OF FOOD PRODUCTS BY PROCESSING WITH LOW-TEMPERATURE GAS PLASMA

**Imya O. Familiya¹, Imya O. Familiya², Imya O. Familiya³,
Imya O. Familiya⁴, Imya O. Familiya⁵**

^{1, 2, 3} Ural State University of Economics, Yekaterinburg, Russia

¹ moskalenko_nu@usue.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8204-97>

² tihonov_75@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4863-98>

³ tihonov_75@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5841-17>

⁴ All-Russian Scientific Research Institute of Poultry Processing Industry, Sergiev Posad, Russia, ccvictory@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6597-04>

⁵ V.M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of RAS, Moscow, Russia, ccvictory@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5889-91>

Abstract. *The aim of the research is to develop and evaluate the effectiveness of the equipmen.....*

Keywords: *low-temperature atmospheric pressure plasma, cold plasma, plasma generator, argon plasma, meat, shelf life.*

Acknowledgements: *the work was carried out within the framework of the state task of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation (state task No. 05-60-01 of 21.03.2019; mnemonic code 06-2019-01; topic number FM-203).*

For citation: Familiya, I. O., Familiya, I. O., Familiya, I. O., Familiya, I. O. & Familiya, I. O. (2021). Development of a device for increasing the duration of storage of food products by processing with low-temperature gas plasma. *Polzunovskiy vestnik*, (1), 3-7. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.01.001.

Пищевые продукты животного происхождения играют жизненно важную роль в питании человека благодаря своим сенсорным качествам и высокой пищевой ценности. Одной

из хорошо известных проблем таких продуктов является высокая скоропортящаяся способность и ограниченный срок хранения, если не применяются соответствующие методы консервирования или обработки.

Таблица 1 - Микробиологические показатели

Table 1 - Microbiological indicators of chilled

Группа	Наименование показателя			
	КМАФАнМ, не более, КОЕ/г	БГКП (колиформы), не допускаются в массе продукта, г	Бактерии рода <i>Salmonella</i> , не допускаются в массе продукта, г	<i>Listeria monocytogenes</i> , не допускаются в массе продукта, г

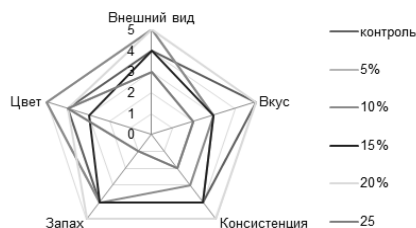


Рисунок 1 – Профиллограмма органолептической оценки

Figure 1-Organoleptic evaluation profile

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Скурихин И.М. Тутельян В.А. Химический состав российских продуктов питания: Справочник. М.: ДеЛипринт, 2002. 236 с.
2. Лебедева, Н.Г., Борисова А.В. Разработка технологии приготовления супа-пюре с использованием различных способов тепловой обработки // Вестник КрасГАУ. 2019. № 3. С. 148-153.

Информация об авторах

С. Л. Тихонов — доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой пищевой инженерии Уральского государственного экономического университета.

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare that there is no conflict of interest.*

Статья поступила в редакцию 28.01.2021; одобрена после рецензирования 12.02.2021; принята к публикации 27.02.2021.

The article was received by the editorial board on 28 Jan 21; approved after reviewing on 12 Feb 21; accepted for publication on 27 Feb 21.

К статье необходимо предоставлять следующие документы: экспертное заключение, согласие каждого автора на размещение статьи, согласие на обработку персональных данных.

К публикации принимаются статьи, **ранее нигде не опубликованные** и не представленные к печати в других изданиях. Статьи, отбираемые для публикации в журнале, проходят двухстороннее слепое рецензирование. Автор статьи имеет право предложить двух рецензентов по научному направлению своего исследования.

Публикации в журнал принимаются на русском и английском языках.

Электронная версия публикации должна быть отправлена в формате текстового редактора Microsoft Word (расширения .doc, .docx) по электронной почте по адресу polz_journal@mail.ru. Название файла формируется из фамилии и инициалов первого автора (к примеру, «ИвановАА.doc»). Если статей несколько, то к названию файла через знак подчеркивания добавляется порядковый номер (к примеру, «ИвановАА_1.doc»).

Все статьи будут проверены в системе «Антиплагиат», при оригинальности менее 75 % статьи будут возвращены авторам.

Контактная информация:

г. Барнаул, пр-т Ленина, д. 46, 113 А ГК, почтовый индекс: 656038.
Стопорева Татьяна Александровна – тел.: 8 (3852) 290946, e-mail: polz_journal@mail.ru.

REFERENCES

1. Skurikhin I. M. & Tutelyan V. A. (2002). Chemical composition of Russian food products: Handbook. Delhi print. (In Russ.).
2. Lebedeva, N. G. & Borisova A.V. (2019). Development of technology for preparing soup-puree using various methods of heat treatment. *Vestnik KrasGAU*, (3), 148-153. (In Russ.).

Information about the authors

S. L. Tikhonov — Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Food Engineering of the Ural State University of Economics.

Подписано в печать 27.09.2021. Формат 60×84 1/8. Печать цифровая.
Усл. п. л. 25,70. Тираж 200 экз. Заказ 2021 -
Отпечатано в типографии АлтГТУ им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, пр-т Ленина, 46

Издательство АлтГТУ им. И.И. Ползунова
656038 г. Барнаул, пр-т Ленина, 46, каб. 113 главного корпуса
тел. +7 (3852) 29-09-46
сайт: <https://polzvestnik.altstu.ru>
e-mail: polz_journal@mail.ru
Дизайн обложки: Р.С. Жуковский, доцент кафедры ТИАрх