



ПОЛЗУНОВСКИЙ ВЕСТНИК

ISSN 2072-8921

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

№ 2

2022

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

№ 2 2022 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)
Мэй Шунчи, проф., декан УТУ (г. Ухань, Китай)
Лыгденов Б. Д., д.т.н., проф. УТУ (г. Ухань, Китай)
Солтан О. И. А., к.т.н., лектор каф. «Наука о продуктах питания», Сельскохозяйственный факультет, Миния университет (г. Эль-Миния, Египет)
Бессон Р., проф., директор Международного российско-французского центра инноваций и трансфера технологий (г. Безансон, Франция)
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)
Егорова Е. Ю., д.т.н., доц., зав. каф. «Технология хранения и переработки зерна» АлтГТУ (г. Барнаул)
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://ojs.altstu.ru/index.php/PolzVest>
Дата выхода в свет 14.06.2022 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**Mei Shunqi**, professor, WTU, Wuhan, China**Burial Lygdenov**, Doctor of Technical Sciences, WTU, Wuhan, China**Soltan Osama Ismaeil Ahmed**, Candidate of Technical Sciences, Lecturer, Minia University, El-Minia, Egypt**Raimond Besson**, professor, Besancon, France**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**Elena Egorova**, Doctor of Technical Sciences, ASTU, Barnaul, 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://ojs.altstu.ru/index.php/PolzVest>

Signed for printing 14.06.2022



СОДЕРЖАНИЕ

РАЗДЕЛ 1. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

<i>О. А. Ковалева, Н. Н. Поповичева, О. С. Киреева, Т. Н. Лазарева, С. А. Жучков</i> Совершенствование рецептуры кисломолочного напитка с повышенной пищевой ценностью7	<i>Д. А. Черемных, Г. А. Губаненко, А. А. Анискина, Е. А. Речкина, О. В. Киселева</i> Летучие соединения свежего <i>Pteridium Aquilinum</i> (L.) Kuhn, произрастающего в Красноярском крае 57
<i>К. А. Медведева, Е. М. Щетинина, Н. С. Золотухина, М. П. Щетинин</i> Разработка технологии сыра обогащенного ягодами сибирского региона15	<i>С. Ю. Яковлева, В. В. Тригуб, М. В. Николенко, В. Г. Попов</i> Анализ рецептуры и свойств симбиотического йогурта 65
<i>Ю. Г. Стурова, А. В. Гришкова, Д. Д. Гильдерман</i> Актуальность использования альбумина в биотехнологии кисломолочного напитка20	<i>Р. В. Грушин, М. Н. Колесниченко, И. Б. Дворяткина</i> Повышение качественных характеристик светлого пива при использовании несоложенной обжаренной гречихи 74
<i>Л. Е. Мелёшкина, А. В. Снегирева</i> Разработка рецептуры и сравнительная оценка кондитерских паст28	<i>Н. В. Горников, Л. А. Маюрникова, А. И. Петкович, А. А. Кокшаров, С. В. Новоселов</i> Влияние режимов процесса выпечки в пароконвектомате на качество сдобных изделий 82
<i>П. А. Савина, О.С. Войтенко, А. А. Гальченко, И. И. Ахметзянова, К. В. Воршулова, И. А. Кустова</i> Разработка технологии спортивного питания с добавлением растительного сырья и сыра рикотта36	<i>А. С. Захарова, С. И. Конева</i> Использование овощного пюре для повышения пищевой ценности и расширения ассортимента сдобных хлебобулочных изделий 90
<i>И. Ю. Резниченко, Д. Д. Агеенко, М. С. Щеглов</i> Анализ качества мучных кондитерских изделий с использованием метода разветвления функции качества42	<i>И. А. Кустова, О. В. Окопная, А. А. Гайдукова</i> Разработка блюд молекулярной кухни с повышенным содержанием биологически активных веществ 97
<i>С. И. Конева</i> Влияние влагоудерживающих агентов на потребительские свойства и срок годности пряников51	

РАЗДЕЛ 2. ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ, НАУКИ О МАТЕРИАЛАХ, МЕТАЛЛУРГИЯ

<i>Е. Ю. Васинкина, С. Г. Калганова, Ю. А. Кадыкова</i> Выбор параметров СВЧ обработки базальтонаполненного эпоксидного олигомера102	<i>Л. А. Кормина, Д. С. Зайцева</i> Абсорбционная очистка газов производственных котельных для снижения антропогенной нагрузки на атмосферу 117
<i>В. Э. Зинуров, И. Н. Мадышев, А. А. Каюмова, К. С. Моисеева</i> Экспериментальное определение гидравлического сопротивления упрощенной модели мультивихревого классификатора с соосно расположенными трубами108	<i>В. А. Новоженов, В. П. Смагин, А. Б. Рошколаева, Н. Е. Стручева, Л. В. Затонская</i> Синтез и исследование оптических свойств галлата европия перовскитной структуры 122

*А. В. Власов, Н. Р. Запотылько, А. А. Катков,
В. В. Кикот, Г. А. Кошкин*

К вопросу о технологии изготовления пьезоматериалов для лазерной гироскопии с использованием холодного одноосного прессования и спекания 129

*А. Е. Ерболатов, М. А. Гурьев, С. Г. Иванов,
А. И. Аугсткалн*

Особенности структуры тонких образцов из стали 20ГЛ, полученных литьем по газифицируемым моделям 139

Н.И. Мозговой, В. Е. Степанов

Материаловедческий подход к технологии чеканки монет «proof» качества. Исследование структуры сплавов серебра и улучшение качества зеркальной поверхности на монетах 145

М. В. Вододохова, И. Н. Стрельцов, А. А. Беушев

Повышение технических характеристик сельскохозяйственных шин для прицепной техники 153

И.Н. Стрельцов, А. А. Беушев

Внедрение технологии Flexible Sidewall 157

АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ 161

RETRACTED 162

CONTENTS

SECTION 1. FOOD TECHNOLOGY

- O. A. Kovaleva, N. N. Popovicheva, O. S. Kireeva, T. N. Lazareva, S. A. Zhuchkov*
Improving the formulation of a fermented milk drink with increased nutritional value.....7
- K. A. Medvedeva, E. M. Shchetinina, N. S. Zolotukhina, M. P. Shchetinin*
Development of technology of cheese enriched with berries of the siberian region.....15
- Yu. G. Sturova, A. V. Grishkova, D. D. Gilderman*
Relevance of the use of albumin in the biotechnology of fermented milk drink20
- L. E. Meleshkina, A. V. Snegereva*
Formulation development and comparative evaluation confectionery pastes28
- P. A. Savina, O. S. Voitenko, A. A. Galchenko, I. I. Akhmetzyanova, K.V. Vorshulova, I. A. Kustova*
Development of a sports nutrition technology with the addition of plant raw materials and ricotta cheese36
- I. Yu. Reznichenko, D. D. Ageenko, M. S. Shcheglov*
Quality analysis of flour confectionery products using the quality function development method42
- S. I. Koneva*
Effect of moisture-retaining agents on consumer properties and shelf life of gingerbread.....51
- D. A. Cheremnykh, G. A. Gubanenko, A. A. Aniskina, E. A. Rechkina, O. V. Kiseleva*
Volatile compounds of fresh *Pteridium Aquilinum* (L.) Kuhn, growing in the Krasnoyarsk territory..... 57
- S.Yu. Yakovleva, V. V. Trigub, M. V. Nikolenko, V. G. Popov*
Analysis of the formulation and properties of symbiotic yogurt 65
- R. V. Gruschin, M. N. Kolesnichenko, I. B. Dvoryatkina*
Improving the quality characteristics of light beer when using malt-free roasted buckwheat..... 74
- N.V. Gornikov, L. A. Mayurnikova, A. I. Petkovich, A. A. Koksharov, S. V. Novoselov*
Modes influence of the baking process in a combi steamer on the quality of fancy products..... 82
- A. S. Zakharova, S. I. Koneva*
The use of vegetable puree to increase the nutritional value and expand the range of pastriesbakery products 90
- I. A. Kustova, O. V. Okopnaya, A. A. Gaidukova*
Development of molecular cuisine dishes with a high content of biologically active substances..... 97
-

SECTION 2. CHEMICAL TECHNOLOGIES, MATERIALS SCIENCES, METALLURGY

- E. Yu. Vasinkina, S. G. Kalganova, Yu. A. Kadykova*
Selection of parameters of microwave processing of basalt-filled epoxy oligomer..... 102
- V. E. Zinurov, I. N. Madyshev, A. A. Kayumova, K. S. Moiseeva*
Experimental determination of hydraulic resistance of a simplified model of a multi vortex classifier with coaxially arranged pipes 108
- L. A. Kormina, D. S. Zaitseva*
Absorption gas purification of production boiler rooms for reducing anthropogenic load on the atmosphere 117
- V. A. Novozhenov, V. P. Smagin, A. B. Roshkolaeva, N. E. Strucheva, L. V. Zatonkaya*
Synthesis and investigation of optical properties of europium gallate perovskite structure 122

*A. V. Vlasov, N. R. Zapotylko, A. A. Katkov,
V. V. Kikot, G. A. Koshkin*

On the matter of technology for producing piezoelectric materials for laser gyros by cold uniaxial pressing and sintering 129

*A. E. Erbolatov, M. A. Guryev, S. G. Ivanov,
A. I. Augstkaln*

Features of the structure of thin 20GL steel samples obtained by casting gasified patterns technology 139

N. I. Mozgovoy, V. E. Stepanov

Material science approach to the technology of minting "proof" quality coins. Study of silver alloys structure and improvement of mirror surface quality on coins 145

*M. V. Vododokhova, I. N. Streltsov,
A. A. Beushev*

Improving of technical characteristics of agricultural trailer tires..... 153

I. N. Streltsov, A. A. Beushev

Implementation of Flexible Sidewall Technology 157

AUTHOR'S INDEX 161

RETRACTED 162



РАЗДЕЛ 1. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

Научная статья
05.18.04 – Технология мясных, молочных и рыбных продуктов и холодильных производств
(технические науки)
УДК 637.071

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.02.001



СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РЕЦЕПТУРЫ КИСЛОМОЛОЧНОГО НАПИТКА С ПОВЫШЕННОЙ ПИЩЕВОЙ ЦЕННОСТЬЮ

Оксана Анатольевна Ковалева ¹, Наталия Николаевна Поповичева ²,
Ольга Сергеевна Киреева ³, Татьяна Николаевна Лазарева ⁴,
Сергей Александрович Жучков ⁵

1, 2, 3, 4, 5 Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина, Орел, Россия

¹ kovaleva7812@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-8476-5398>

² Natasha55519@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5445-8346>

³ kireevagos@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8343-0369>

⁴ tata_85@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5525-0099>

⁵ allsergw@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0238-3968>

Аннотация. Анализ состояния здоровья населения в России за последние годы показывает значительный рост алиментарно-зависимых заболеваний, к числу которых относятся гипотиреоз, онкологические и другие. Наблюдающийся в рационе питания большинства населения дисбаланс дефицит белков животного происхождения, биологически активных соединений, минеральных веществ осложняет данную проблему и определяет актуальность профилактики и предупреждения многих заболеваний с помощью обогащенных продуктов. Чтобы улучшить нутрицевтические свойства кефира, соответствующий подход может включать обогащение подходящими компонентами, способными придать напитку особые и ценные свойства. Исследования кисломолочного продукта проводились на базе инновационного научно-исследовательского испытательного центра коллективного пользования Орловского ГАУ. Объектом исследования являлись кисломолочный напиток, обогащенный добавкой «Йодонорм», контрольным образцом выступал кефир, вырабатываемый в соответствии с требованиями ГОСТ 31454-2012. Проведена сенсорная оценка напитка, выбрана оптимальная рецептура внесения компонентов напитка. При микропировании экспериментальных образцов наблюдалась типичная для данных видов напитков микрофлора, посторонних микроорганизмов не обнаружено. Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о целесообразности использования добавки «Йодонорм» при производстве кисломолочных продуктов.

Работа выполнена по заказу Минсельхоза России за счет средств федерального бюджета в 2022 г. «Разработка упаковочных решений, обеспечивающих увеличение срока годности продукта».

Ключевые слова: кисломолочный напиток, добавка «Йодонорм», кефир, дефицит, проблемы, иммунная система, потребители, пищевая ценность, рецептура.

Для цитирования: Совершенствование рецептуры кисломолочного напитка с повышенной пищевой ценностью / О. А. Ковалева [и др.]. // Ползуновский вестник. 2021. № 2. С. 7–14. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.02.001. EDN: <https://elibrary.ru/bvacxp>.

Original article

IMPROVING THE FORMULATION OF A FERMENTED MILK DRINK WITH INCREASED NUTRITIONAL VALUE

Oksana A. Kovaleva ¹, Natalia N. Popovicheva ², Olga S. Kireeva ³,
Tatyana N. Lazareva ⁴, Sergei A. Zhuchkov ⁵

^{1, 2, 3, 4, 5} Orel State Agrarian University named after N.V. Parakhin, Orel, Russia

¹ kovaleva7812@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-8476-5398>

² Natasha55519@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5445-8346>

³ kireevagos@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8343-0369>

⁴ tata_85@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5525-0099>

⁵ allsergw@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0238-3968>

Abstract. *New advances in science and technology, increased health care costs, changes in food laws affecting the requirements for etiquette and products, an aging population and a growing interest in achieving well-being through functional nutrition are among the factors stimulating interest in functional foods. The growing consumer demand for healthy food has increased the demand for functional products. Currently, a large number of new functional food products are available on the market, while dairy products and beverages represent an important segment. To improve the nutraceutical properties of kefir, an appropriate approach may include enrichment with suitable components that can give the drink special and valuable properties. The research of the fermented milk product was carried out on the basis of the innovative research and testing center for collective use of the Oryol State Agrarian University. The object of the study was a fermented milk drink enriched with the additive "Iodonorm", the control sample was kefir produced in accordance with the requirements of GOST 31454-2012. A sensory evaluation of the drink was carried out; the optimal formulation of the application of the components of the drink was selected. When microscoping experimental samples, microflora typical for these types of beverages was observed, no extraneous microorganisms were detected. Thus, the results obtained indicate the expediency of using the "Iodonorm" additive in the production of fermented milk products.*

The work was commissioned by the Ministry of Agriculture of Russia at the expense of the federal budget in 2022 "Development of packaging solutions that ensure an increase in the shelf life of the product."

Keywords: *Fermented milk drinks, functional nutrition, supplement "Iodonorm", kefir, deficiency, problems, immune system, consumers, nutritional value, formulation.*

For citation: Kovaleva, O. A., Popovicheva, N. N., Kireeva, O. S., Lazareva, T. N. & Zhuchkov, S. A. (2022). Improving the formulation of a fermented milk drink with increased nutritional value. *Polzunovskiy vestnik*, (2), 7-14. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.02.001.

Высокий спрос на молочные продукты питания, а также новые технологические разработки в области белковых ингредиентов являются основными факторами роста рынка. Однако недостаточная осведомленность потребителей, растущие затраты на сырье и производство сдерживают рост рынка. Исходя из этого, растет спрос на такие отрасли, как продукты питания, напитки и многие другие [1, 4].

Растущий спрос потребителей на здоровую пищу увеличил спрос на функциональные продукты. В настоящее время на рынке доступно большое количество новых функциональных продуктов питания, при этом мо-

лочные продукты и напитки представляют собой важный сегмент. Чтобы улучшить нутрицевтические свойства кефира, соответствующий подход может включать обогащение подходящими компонентами, способными придать напитку особые и ценные свойства.

Более 50 % субъектов РФ являются йоддефицитными, 60 % населения нашей страны проживает в регионах с природно-обусловленным дефицитом этого микроэлемента. Обогащение йодом продуктов массового потребления – перспективный способ улучшить пищевой статус населения [6, 9].

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РЕЦЕПТУРЫ КИСЛОМОЛОЧНОГО НАПИТКА С ПОВЫШЕННОЙ ПИЩЕВОЙ ЦЕННОСТЬЮ

Согласно последним исследованиям французских ученых, существует зависимость между смертностью от коронавируса и питанием. Они пришли к выводу, что питание, наряду с другими факторами, может играть роль в распространении COVID-19 и серьезности течения болезни, в Болгарии, Греции и Румынии показатели смертности очень низкие [3, 12]. Ученые предположили, что это связано с употреблением в пищу капусты (Румыния) и ферментированного молока (Болгария и Греция), в странах они являются обычными повседневными продуктами, употребляемыми в пищу. Турция, еще одна страна с явно низким уровнем смертности, также потребляет много капусты и кисломолочных продуктов. Кефир является известным естественным ингибитором АПФ [2, 7, 12].

Также российский ученый, Лауреат Нобелевской премии Илья Мечников пропагандировал не только употребление кисломолочных продуктов, но и живой культуры микроорганизмов – пробиотиков. Он предложил в качестве одного из способов для продления жизни регулярное употребление кисломолочных продуктов, оказывающих влияние на иммунную систему человека и улучшающих микрофлору кишечника [7, 11].

В работе Тегуа К. способность кефира защищать клетки кишечных крипт от рентгеновского [13].

Для профилактики сердечно-сосудистых заболеваний также целесообразно использование функционального продукта на основе кефира с настоем лекарственного растения боярышника кроваво-красного *Crataegus sanguinea*. В сочетании с гипотензивными свойствами кефира этот продукт может стать очень эффективным компонентом профилактики и лечения артериальной гипертензии [9].

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования кисломолочного продукта проводились на базе инновационного научно-исследовательского испытательного центра коллективного пользования Орловского ГАУ. Объектом исследования являлись кисломолочный напиток, обогащенный добавкой «Йодонорм», контрольным образцом выступал кефир, вырабатываемый в соответствии с

требованиями ГОСТ 31454-2012 [8]. Для оценки органолептических показателей выработанного продукта пользовались разработанной шкалой балльной оценки. В состав дегустационной комиссии входили сотрудники кафедры «Продукты питания животного происхождения», сотрудники инновационного научно-исследовательского испытательного центра ФГБОУ ВО Орловского ГАУ, представители ОГУ им. И.С. Тургенева, специалисты региональных предприятий по переработке молока. Выработку и контроль разработанного продукта осуществляли в соответствии с Техническим регламентом Таможенного союза «О безопасности молока и молочной продукции» (ТР ТС 033/2013), с учетом ГОСТ 31454-2012.

Массовую долю белка определяли по методу Кьельдаля ГОСТ 23327-98 «Молоко и молочные продукты. Метод измерения массовой доли общего азота по Кьельдалю и определение массовой доли белка». Способность к синерезису кисломолочного напитка определяли с помощью методики, которая заключается в фильтрационном методе путем замера количества сыворотки, выделившейся при фильтровании 100 см³ разрушенного сгустка через бумажный фильтр в течение 5 ч при комнатной температуре [5]. Микроскопические исследования проводили на микроскопе «Leica DMI 4000B», оснащенном цветной видеокамерой «Leica DFC 490» и соответствующим пакетом программного обеспечения для получения и компьютерного анализа видеоизображений «CITO» и статистической обработки результатов «IPSO» [5, 10], калибровка комплекса осуществлялась с помощью объект-микрометра проходящего света (ОМП) с ценой деления 0,005 мм. Обработка материала осуществлялась с использованием пакета программ STATISTICA 13.0.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Органолептическая оценка качества разработанного кисломолочного напитка, обогащенного добавкой «Йодонорм», показала, что внесение в состав продукта йодированного молочного белка «Йодонорм» практически не повлияло на органолептические показатели, цвет напитка был идентичен контролю (рисунок 1).



Рисунок 1 – Профилограмма органолептических показателей кефирного продукта, обогащенного «Иодонорм»

Figure 1 - Profilogram of organoleptic parameters of kefir product enriched with "Iodonorm"

После вскрытия упаковки кисломолочного напитка, обогащенного добавкой «Иодонорм», и контрольного образца определяли органолептическую оценку напитков по шкале. Внешний вид напитка, обогащенного добавкой «Иодонорм», был однородный, достаточно густой, консистенция вязкая. При проведении органолептической оценки не было отмечено пороков вкуса и запаха (кислый, горький), также не отмечено пороков консистенции (недостаточно плотная, нарушенный сгусток), цвет молочно-белый. Внесение молочной добавки «Иодонорм» и сухого молока в кисломолочный напиток оказало влияние на плотность сгустка, наличие вкуса добавки в продукте не ощущалось. Также дегустаторы отмечали нежный вкус напитка.

При разработке рецептурного состава мы исходили из результатов органолептической экспертизы и повышения пищевой ценности продукта.

В связи с этим преимуществом кисломолочного напитка, обогащенного добавкой «Иодонорм», является большее содержание в своем составе белка, чем в контрольном образце за счет внесения.

При подготовке опытных образцов варьировали дозировку Йодонорм, %, продолжительность сквашивания, ч, содержание сухого обезжиренного молочного остатка (СОМО), % в соответствии с планом эксперимента.

На рисунке 2 показана зависимость количества белка в рецептурном составе готового кисломолочного обогащенного напитка от количества внесения компонентов (рисунок 2). При подготовке опытных образцов варьировали дозировку Йодонорм (%), продолжительность сквашивания (ч), содержание СОМО (%).

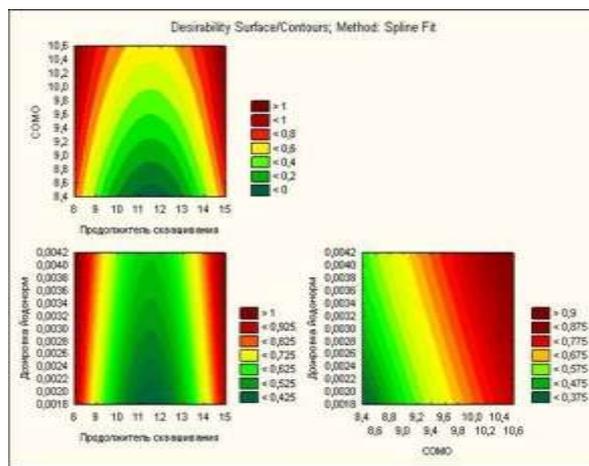


Рисунок 2 – Выбор оптимальной рецептуры обогащенного кисломолочного напитка в зависимости от количества внесения сухого молока

Figure 2 - Choosing the optimal formulation of an enriched fermented milk drink depending on the amount of milk powder application

Оптимальным вариантом внесения является дозировка сухого молока в количестве 8,4 г; добавка «Иодонорм» в количестве 0,004 г, а также оптимальная продолжительность сквашивания на данном рисунке соответствует 11,5 часов.

Оптимальным вариантом внесения на данном рисунке является дозировка сухого молока в количестве 8,4 г; добавка «Иодонорм» в количестве 0,002 г, а также продолжительность сквашивания оптимальной на данном рисунке соответствует 10,5 часов (рисунок 3).

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РЕЦЕПТУРЫ КИСЛОМОЛОЧНОГО НАПИТКА С ПОВЫШЕННОЙ ПИЩЕВОЙ ЦЕННОСТЬЮ

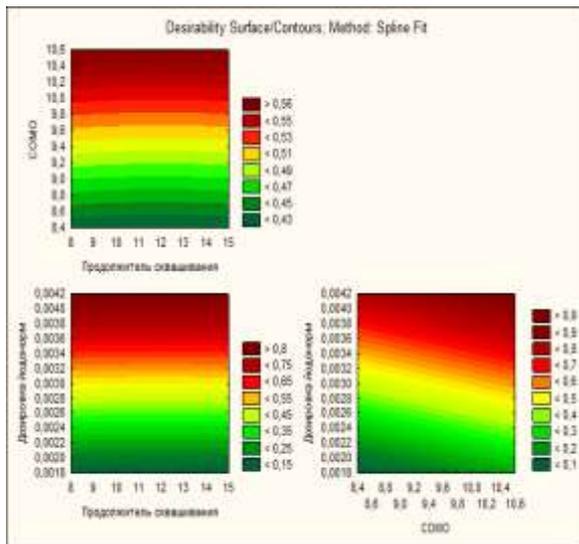


Рисунок 3 – Выбор оптимальной рецептуры обогащенного кисломолочного напитка в зависимости от дозировки добавки «Йодонорм»

Figure 3 - Choosing the optimal formulation of an enriched fermented milk drink depending on the dosage of the "Iodonorm" supplement.

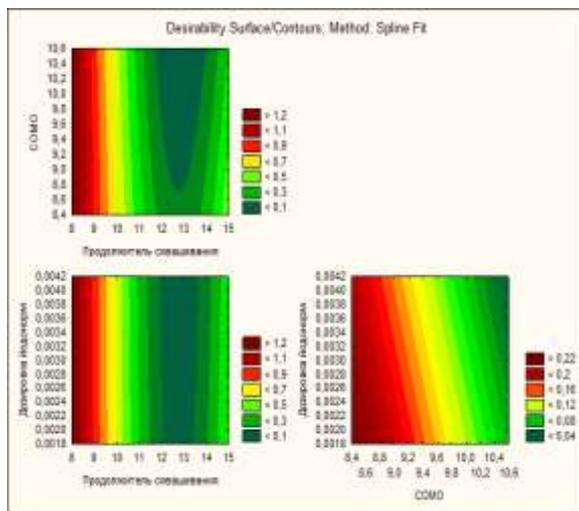


Рисунок 4 – Выбор оптимальной рецептуры обогащенного кисломолочного напитка в зависимости от pH

Figure 4 - Choosing the optimal formulation of an enriched fermented milk drink depending on the pH

Оптимальным вариантом внесения является дозировка сухого молока в количестве 8,6 г; добавка «Йодонорм» в количестве 0,004 г, а также продолжительность сквашивания

оптимальной на данном рисунке соответствует 10,6 часов (рисунок 4).

Таким образом, применяя методы математического планирования эксперимента, нами оптимизирована рецептура кисломолочного напитка, обогащенного добавкой «Йодонорм»: дозировка «Йодонорм» – 0,004 кг, содержание сухого молока – 85 кг. Это обеспечит при продолжительности сквашивания 10–11 часов получение готового продукта с функциональными свойствами.

В норме за 1 час выделяется 65–85 % сыворотки от первоначального объема продукта [5].

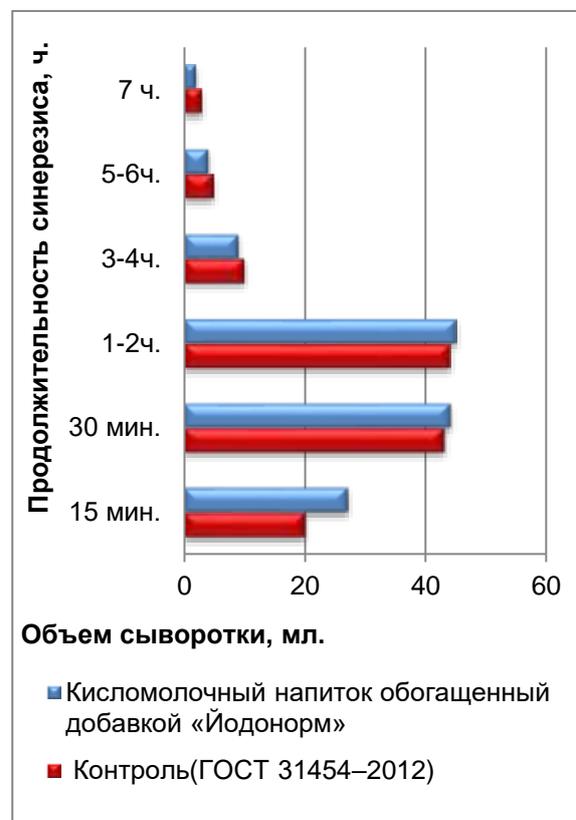


Рисунок 5 – Степень синерезиса контрольного (ГОСТ 31454–2012) и кисломолочного напитка, обогащенного добавкой «Йодонорм»

Figure 5 - The degree of syneresis of the control (GOST 31454-2012) and fermented milk drink enriched with the additive "Iodonorm".

Основное количество сыворотки выделяется из сгустков в течение 2 ч, затем объем сыворотки уменьшается.

Особенно данный факт заметен после 3 ч синерезиса. Так, например, за 2 ч выделилось 43 мл сыворотки из сгустков кефира контрольного, 49 мл – из обогащенного.

Обогащение кисломолочного напитка йодом активизирует рост лактококков (рисунок 6). Так, продолжительность сквашивания при внесении «Йодонорм» сокращалась на 10 %, а количество жизнеспособных клеток при внесении «Йодонорм» увеличивалось на 8 % по сравнению с контролем.

Согласно проведенным микроскопическим исследованиям, можно сделать вывод о том, что внесение йодированного пищевого комposita «Йодонорм» оказывает положительное влияние на количество кисломолочных бактерий, а также влияет на формирование сгустка.

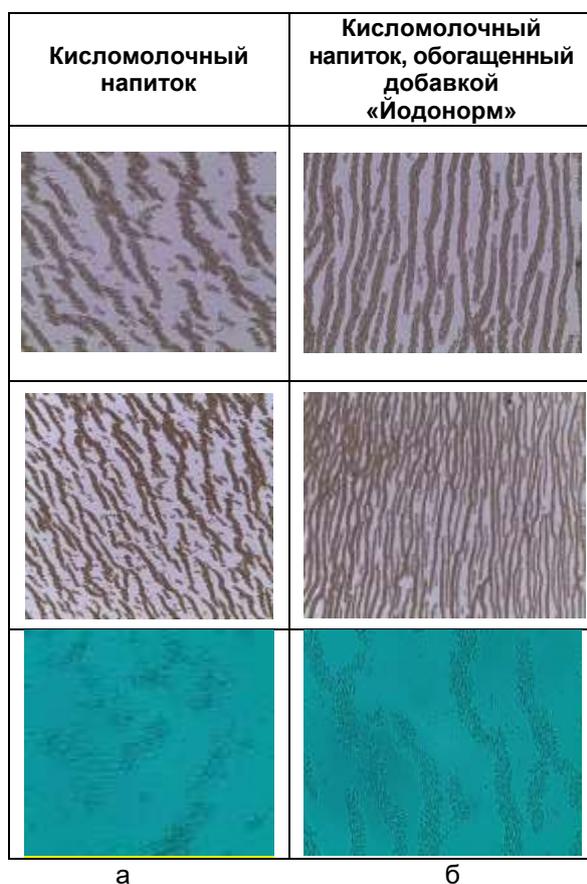


Рисунок 6 – Микроскопические исследования кисломолочных напитков (Ув.: x 200.)

Figure 6 - Microscopic studies of fermented milk drinks (Mag.: x 200.)

С учетом полученных закономерностей была составлена рецептура кисломолочного напитка, обогащенного добавкой «Йодонорм», представленная в таблице 1.

Таблица 1 – Производственная рецептура кисломолочного напитка, обогащенного «Йодонорм» (кг на 1000 кг продукта без учета потерь)

Table 1 - The formula of fermented milk drink enriched with "Iodonorm" (kg per 1000 kg of product, excluding losses)

Наименование вносимого сырья	Масса сырья, кг
Молоко коровье обезжиренное, с массовой долей белка 3,8 %	855
Молоко сухое с массовой долей жира 26 %, массовой долей белка 32 %	85
Закваска на кефирных грибах	50
«Йодонорм», кг	0,004
ИТОГО:	1000

Данная рецептура позволяет получить кисломолочный напиток, обогащенный, содержащий (25 мкг) суточной потребности организма человека в йоде.

ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные результаты свидетельствуют о целесообразности использования добавки «Йодонорм» при производстве кисломолочных продуктов. Корректируя содержание йода в кисломолочном напитке, мы увеличиваем не только количество микроорганизмов в напитке, но и восполняем йододефицит в организме.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ / ВЫВОДЫ

Органолептическая оценка качества разработанного кисломолочного напитка, обогащенного добавкой «Йодонорм», показала, что внесение в состав продукта йодированного молочного белка «Йодонорм» не ухудшило органолептические показатели, они были идентичны контролю. Исследования показали, что кисломолочный напиток, обогащенный добавкой «Йодонорм», соответствовал ГОСТ 31454-2012. Внесение добавки в кисломолочный напиток не оказывает значительного влияния на степень синерезиса, что говорит о соответствии норме.

При микрокопировании экспериментальных образцов наблюдалась типичная для данных видов напитков микрофлора, посторонних микроорганизмов не обнаружено. Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о целесообразности использования добавки «Йодонорм» при производстве кисломолочного напитка.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РЕЦЕПТУРЫ КИСЛОМОЛОЧНОГО НАПИТКА С ПОВЫШЕННОЙ ПИЩЕВОЙ ЦЕННОСТЬЮ

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белякова, Т.Н. Функциональные продукты как тренд XXI века / Т.Н. Белякова, Д.С. Печуркина // Молочная промышленность. 2020. № 2. С. 46.
2. Большакова, Л.С. Экспериментальное обоснование профилактического действия йодированного пищевого композита / Л.С. Большакова, Е.В. Литвинова, Н.Д. Жмурина, Е.И. Бурцева // Современные проблемы науки и образования. – 2013. № 1. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=8019> (дата обращения: 01.06.2022).
3. Большакова, Л.С. Некоторые аспекты проблемы йодного дефицита в регионе центральной России / Л.С. Большакова, Д.Е. Лукин, Т.В. Жубрева // В сборнике : Инновации : перспективы, проблемы, достижения ; материалы Шестой Международной научно-практической конференции, 2018. С. 338–341.
4. Герасимов, Г.А., Иванова, Л., Назаров, А. [и др.]. Устранение дефицита йода в питании населения Туркменистана путем всеобщего йодирования соли : результаты национального репрезентативного исследования в 2004 году. Проблемы эндокринологии. 2006. 52 (4). 13–6.
5. Гребенкина, А.Г., Голубева, Л.В., Долматова, О.И. Изучение процесса синерезиса кисломолочных напитков // Пищевая промышленность. 2015. № 3–2.
6. Киреева, О.С. Применение природного йодсодержащего ингредиента в рецептуре обогащенных вафельных хлебцев // Пищевые системы. – 2021. Т. 4. № 3S. С. 121–124.
7. Ковалева, О.А. Кефир с добавкой «Йодонорм» / О.А. Ковалева, А.П. Симоненкова, Н.Н. Поповичева // Молочная промышленность. 2021. № 10. С. 45–46.
8. Ковалева, О.А., Поповичева, Н.Н., Здрабова, Е.М., Киреева, О.С. Перспективы использования йодированного пищевого композита «Йодонорм» в молочных продуктах питания // Ползуновский вестник. 2020. № 1. С. 74–77.
9. Черных, И.А. Разработка рецептуры кисломолочного продукта (кефира) с настоем лекарственного растения (боярышника) для профилактики сердечно-сосудистых заболеваний // Успехи современного естествознания. 2012. № 6. С. 140–146.
10. Bachdasarian, Dr.L., Bulthuis, R., Moltenwijk, E., Zhuchkov, S. Theneedfor multi-modal and multi-functional measurement systems in laboratory animal research and matrix analysis // Biotechnologies in Comprehensive Regional Development ; материалы Международной научно-практической конференции. 2016. С. 212.
11. Bost, M., Martin, A., Orgiazzi, J. Iodine deficiency: Epidemiology and nutritional prevention // Микроэлементы в медицине. 2014. Т. 15. № 4. С. 3–7, 77.
12. Jean Bousquet 1, Is diet partly responsible for differences in COVID-19 death rates between and within countries? // Josep M. Anto, Guido Iaccarino, Wenczyslawa Czarlewski, Ta Haahetela, Aram Anto,

Cezmi A. Akdis, Hubert Blain, G. Walter Canonica, Victoria Cardona, Alvaro A. Cruz, Maddalena Illario, Juan Carlos Ivancevich, Marek Jute, Ludger Klimek, Piotr Kuna, Daniel Laune, Désirée Larenas Linne-mann, Joaquim Mullol, Nikos G. P. padopoulos, Oliver Pfaar 31, Boleslaw Samolinski, Arunas Valiulis, Arzu Yorgancioglu, Torsten Zuberbier and The ARIA group. 2020. № 16.

13. Teruya, K., Myojin-Maekawa, Y., Shimamoto, F. [et al.]. Protective effects of the fermented milk Kefir on X-ray irradiation-induced intestinal damage in B6C3F1 mice // Biol Pharm Bull. 2013. Vol. 36. № 3. P. 352–359.

Информация об авторах

О. А. Ковалева – доктор биологических наук, профессор кафедры Продуктов питания животного происхождения.

Н. Н. Поповичева – аспирант, ведущий специалист Инновационного научно-исследовательского испытательного центра коллективного пользования.

О. С. Киреева – кандидат технических наук, научный сотрудник Инновационного научно-исследовательского испытательного центра коллективного пользования.

Т. Н. Лазарева – кандидат технических наук, доцент, директор Инновационного научно-исследовательского испытательного центра коллективного пользования.

С. А. Жучков – кандидат медицинских наук, доцент, научный сотрудник Инновационного научно-исследовательского испытательного центра коллективного пользования.

REFERENCES

1. Belyakova, T.N. & Pechurkina, D.S. (2020). Functional products as a trend of the XXI century. *Dairy industry*. (2), p. 46. (In Russ.).
2. Bolshakova, L.S., Litvinova, E.V., Zhmurina, N.D. & Burtseva, E.I. (2013). Experimental substantiation of the preventive action of iodized food composite. *Modern problems of science and education*. (1). Retrieved from <https://science-education.ru/ru/article/view?id=8019>. (In Russ.).
3. Bolshakova, L.S., Lukin, D.E. & Zhubreva, T.V. (2018). Some aspects of the problem of iodine deficiency in the Central Russia region. *The book of Innovation: perspectives, challenges, achievements materials of the Sixth international scientific-practical conference*. P. 338-341. (In Russ.).
4. Gerasimov, G.A., Ivanova, L., Nazarov, A. [et al.]. (2006). Elimination of iodine deficiency in the diet of the population of Turkmenistan by universal salt iodization: results of a nationally representative study in 2004. *Problems of Endocrinology*, 52 (4).13-6. (In Russ.).
5. Grebenkina, A.G., Golubeva, L.V. & Dolmatova, O.I. (2015). Evaluation of Syneresis of Fermented Milk Drinks. *International Student Scientific Bulletin*.

(3-2). (In Russ.).

6. Kireeva, O.S. (2021). Application of natural iodine-containing ingredient in enriched waffles crispbreads. *Food systems*, 4(3S). 121-124. (In Russ.).

7. Kovaleva, O.A., Simonenkova, A.P. & Popovicheva, N.N. (2021). Kefir with the addition of "Iodine-norm". *Dairy industry*, (10). 45-46. (In Russ.).

8. Kovaleva, O.A., Popovicheva, N.N., Zdrabova, E.M. & Kireeva, O.S. (2020). Prospects for the use of iodized food composite "Yodonorm" in dairy products. *Polzunovskiy vestnik*, (1), 74-77. (In Russ.).

9. Chernykh, I.A. (2012). Development of a formulation of a fermented milk product (kefir) with an infusion of a medicinal plant (hawthorn) for the prevention of cardiovascular diseases. *Successes of modern natural science*, (6), 140-146. (In Russ.).

10. Bachdasarian, Dr.L., Bulthuis, R., Moltenwijk, E. & Zhuchkov, S. (2016). The need for multimodal and multi-functional measurement systems in laboratory animal research and matrix analysis. *Biotechnologies in Comprehensive Regional Development. Materials of the international scientific-practical conference*. P. 212.

11. Bost, M., Martin, A. & Orgiazzi, J. (2014). Iodine deficiency: Epidemiology and nutritional prevention. *Trace elements in medicine*, 15(4), 3-7, 77.

12. Jean, Bousquet Josep, M., Anto, Guido, Iaccarino, Wienczyslawa, Czarlewski, Ta, Haahtela, Aram, Anto, Cezmi, A., Akdis, Hubert, Blain, G., Walter, Canonica, Victoria, Cardona, Alvaro, A., Cruz, MaddalenaIllario, Juan, Carlos, Ivancevich, Marek, Jute, Ludger, Klimek, Piotr, Kuna, Daniel, Laune, Désirée, Larenas, Linnemann, Joaquim, Mullol, Nikos, G. Papadopoulos, Oliver, Pfaar, Boleslaw, Samolinski,

Arunas, Valiulis, Arzu, Yorgancioglu, Torsten, Zuberbier & The ARIA group (2020). Is diet partly responsible for differences in COVID-19 death rates between and within countries? *Clin Transl Allergy*, (16). doi: 10.1186/s13601-020-00351-w. eCollection 2020.

13. Teruya, K., Myojin-Maekawa, Y., Shimamoto, F. [et al.]. (2013). Protective effects of the fermented milk Kefir on X-ray irradiation-induced intestinal damage in B6C3F1 mice. *Biol Pharm Bull*, 36(3). 352-359.

Information about the authors

O. A. Kovaleva - Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Animal Origin Food Products.

N. N. Popovicheva - post-graduate student, leading specialist of the Innovative Research and Testing Center for Collective Use.

O. S. Kireeva - Candidate of Technical Sciences, Researcher at the Innovative Research and Testing Center for Collective Use.

T. N. Lazareva - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Director of the Innovative Research and Testing Center for Collective Use.

S. A. Zhuchkov - Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Researcher of the Innovative Research and Testing Center for Collective Use.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 01.02.2022; одобрена после рецензирования 04.05.2022; принята к публикации 17.05.2022.

The article was received by the editorial board on 01 Feb 21; approved after reviewing on 04 May 22; accepted for publication on 17 May 22.



Научная статья
05.18.04 – Технология мясных, молочных и рыбных продуктов и холодильных производств
(технические науки)
УДК 637.33-633.1
doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.02.002



РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ СЫРА, ОБОГАЩЕННОГО ЯГОДАМИ СИБИРСКОГО РЕГИОНА

Ксения Алексеевна Медведева¹, Елена Михайловна Щетинина²,
Наталья Сергеевна Золотухина³, Михаил Павлович Щетинин⁴

¹ Московский государственный университет пищевых производств, Москва, Россия
¹ ksen_m_19@mail.ru

^{2, 3, 4} Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, Барнаул, Россия
² schetinina2014@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3463-9502>
³ zolotyhina.ns@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6423-2850>
⁴ m_p_sh1953@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9229-9251>

Аннотация. Молочные продукты и, особенно сыр, занимают важное место в структуре питания всех категорий населения: детей, подростков, молодежи, лиц старшего возраста. Любому организму необходимы биологически активные вещества, легкоусвояемые молочные белки и жиры, а также систематическое потребление таких функциональных веществ, как пробиотики, пребиотики, витамины, макро- и микроэлементы, пищевые волокна и др.

В настоящее время сыроделие развивается очень стремительно. На данный момент основная часть производимых российских сыров приходится на регионы с высоким уровнем сельского хозяйства, таких как Татарстан, Удмуртия, Алтайский край, Краснодарский край. В России, по данным Росстата, лидирующее место занимает Алтайский край, в котором производится около 420 тонн сыра в год. Алтайский край имеет уникальные природно-климатические условия, мощную сырьевую базу и большой опыт в технологиях производства [1].

В данной научной статье рассматривается технология приготовления сыра, обогащенного ягодами Сибирского региона.

Ключевые слова: коровье молоко, заквасочные культуры, обогащение, брусника.

Для цитирования: Разработка технологии сыра, обогащенного ягодами Сибирского региона / К. А. Медведева [и др.]. // Ползуновский вестник. 2021. № 2. С. 15–19. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.02.002. EDN: <https://elibrary.ru/cghjic>.

Original article

DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY OF CHEESE ENRICHED WITH BERRIES OF THE SIBERIAN REGION

Ksenia A. Medvedeva ¹, Elena M. Shchetinina ², Natalya S. Zolotukhina ³,
Mikhail P. Shchetinin ⁴

¹ Moscow State University of Food Production, Moscow, Russia

¹ ksen_m_19@mail.ru

^{2,3,4} Polzunov Altai State Technical University, Barnaul, Russia

² shchetinina2014@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3463-9502>

³ zolotykhina.ns@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6423-2850>

⁴ m_p_sh1953@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9229-9251>

Abstract. Dairy products, and especially cheese, occupy an important place in the diet of all categories of the population: children, adolescents, youth, and older people. Any organism needs biologically active substances, easily digestible milk proteins and fats, as well as the systematic consumption of such functional substances as probiotics, prebiotics, vitamins, macro- and microelements, dietary fiber, etc.

Currently, cheesemaking is developing very rapidly. At the moment, the bulk of Russian cheeses produced are in regions with a high level of agriculture, such as: Tatarstan, Udmurtia, Altai Territory, Krasnodar Territory. In Russia, according to Rosstat, the leading place is occupied by the Altai Territory, which produces about 420 tons of cheese per year. The Altai Territory has unique natural and climatic conditions, a powerful resource base and extensive experience in production technologies [1].

This scientific article discusses the technology of making cheese enriched with berries of the Siberian region.

Key words: cow's milk, starter cultures, enrichment, cranberries.

For citation: Medvedeva, K. A., Shchetinina, E. M., Zolotukhina, N. S. & Shchetinin, M. P. (2022). Development of technology of cheese enriched with berries of the siberian region. *Polzunovskiy vestnik*, (2), 15-19. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.02.002.

ВВЕДЕНИЕ

Среди большого разнообразия продуктов питания одно из ведущих мест занимает сыр. Он считается незаменимым и обязательным компонентом в рационе питания. Сыр является отличным источником энергии для организма человека. Белок, содержащийся в нем, используется практически во всех процессах, обеспечивающих жизнедеятельность человека, к тому же там присутствуют все незаменимые аминокислоты, которые не вырабатываются организмом и должны поступать извне.

Основным сырьем для производства сыра является коровье молоко. Оно является источником животных белков, полезных жиров, витаминов, кальциевых и фосфорных солей, которые помогают укрепить костную систему человека [2].

Ягоды брусники – это плоды растения, которые содержат комплекс биологически активных веществ и, прежде всего, витамины, гормоны, макро- и микроэлементы, обладают противовоспалительными, антиоксидантными и слабительными свойствами. В ягодах брусники присутствует витамин К, обнаружены следы витаминов группы В – до 0,03 мг %, витамин Е – 1 мг %, провитамин А – 0,05–0,1 мг %. Содержание каротина в этой ягоде значительно выше, чем в ягодах других кустарников, а также по сравнению с такими плодами, как груши, виноград и черника [3].

Данная ягода богата жирными кислотами: миристиновой, пальмитиновой, стеариновой, линолевой, концентрация которых варьируется в широких пределах и зависит от места произрастания.

Разнообразным является и минеральный состав ягод брусники. Из макроэлементов преобладают: калий – 730 мг/кг свежих

ПОЛЗУНОВСКИЙ ВЕСТНИК № 2 2022

ягод, натрий – 70–10 мг/кг, кальций – 94,6–400 мг/кг, магний – 22,4–70 мг/кг, фосфор – 44,5–160 мг/кг, помимо этого присутствуют очень важные элементы, такие как бор, йод, барий, свинец, цинк, хром, титан, алюминий. Ягоды брусники широко применяются в народной медицине в качестве профилактики простудных заболеваний и повышения иммунитета [4].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Научно-исследовательская работа по созданию технологии обогащенного сыра проходила на кафедре «Технологии продуктов питания» ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова».

В начале исследований изучались и анализировались качественные показатели сырья, использовалось молоко коровье из хозяйств города Барнаула Алтайского края, пригорода г. Барнаула и из Солонешенского района Алтайского края. Все исследование проводились в пятикратной повторности.

Органолептические показатели молока из всех хозяйств соответствуют требованиям ГОСТ Р 52054-2003 «Молоко коровье сырое. Технические условия» [2]. Это однородная жидкость без осадка и хлопьев. Вкус чистый, без посторонних запахов и привкусов, не свойственных свежему натуральному молоку. Цвет всех образцов молока варьировался от белого до светло-кремового.

На втором этапе эксперимента изучались физико-химические показатели молока-сырья. Согласно полученным данным, содержание массовой доли жира в молоке разных хозяйств значительно различается и находится в пределах от $3,81 \pm 0,2$ % до $5,15 \pm 0,1$ %. Массовая доля белка в представленных образцах находится в пределах от $3,23 \pm 0,2$ % до $3,55 \pm 0,1$ %. Массовая доля сухих веществ составила $8,1 \pm 0,2$ %.

При производстве всех сортов сыра важным этапом является выбор заквасочных культур, их соотношение и концентрация [5].

Закваски для производства сыра представляют собой смесь бактериальных культур. Каждая культура вносит свой вклад: вкус, аромат, текстуру, кислотность и отвечает за срок созревания сыра.

При подборе заквасок были выбраны 2 вида мезофильных заквасок: закваска «Углич-7К» и «Danisco Choozit MA 11». Благодаря закваскам сыр приобретает неповторимый аромат, запах, характерный рисунок, в нашем случае это небольшие глазки овальной формы, улучшается его вкус и структура.

Важным показателем при выборе закваски является способность к кислотообразованию. Самое большое значение кислотности наблюдается в молоке с закваской Углич-7К при дозе внесения 4 %, оно равно 22°T . При таком же количестве внесения закваски Danisco CHOOZIT MA 11 кислотность равна $21,8^\circ\text{T}$. Продолжительность образования сгустка, в зависимости от дозы внесения закваски, различается. При внесении всех видов заквасок концентрации 1, 2 и 3 % сгусток образуется дольше, чем при внесении 4 % концентрации. Самая высокая скорость образования сгустка принадлежит Углич-7К.

На рисунках 1, 2 представлена балльная оценка органолептических показателей сгустков с использованием разных заквасок.

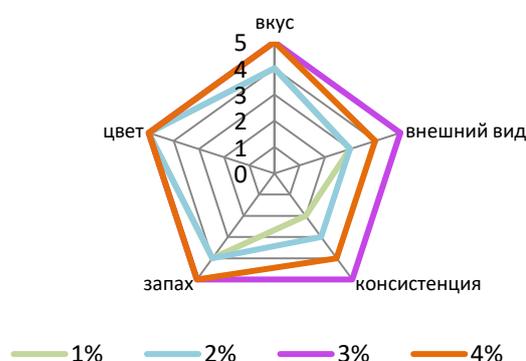


Рисунок 1 – Влияние закваски Углич-7К на органолептические свойства

Picture 1 - Influence of Uglich-7K starter on organoleptic properties

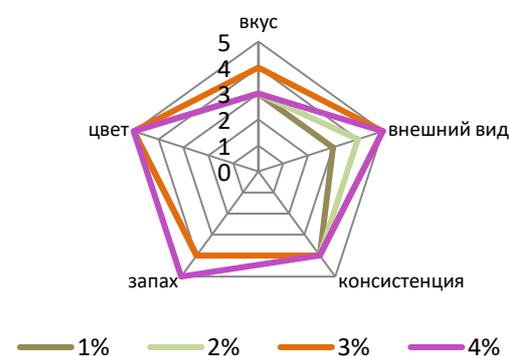


Рисунок 2 – Влияние закваски Danisco Choozit MA 11 на органолептические свойства

Figure 2 - Effect of Danisco Choozit MA 11 starter on organoleptic properties

При использовании закваски «Углич-7К» все образцы по цвету, вкусу и запаху получили наивысший балл, а по внешнему виду и консистенции наилучший результат был при внесении 3 % закваски. Сгусток имел желеобразную консистенцию по всей площади, при надавливании возвращался в обратное положение. На поверхности присутствовала сыворотка.

Сгусток с закваской Danisco Choozit MA 11 получил максимально 22 балла при внесении 3 и 4 %, что меньше на 3 балла, чем с использованием закваски «Углич-7К».

Более подходящей закваской для производства сыра, обогащенного ягодой брусники, является закваска «Углич-7К» в количестве 3 %. Она имеет несколько преимуществ: продолжительность образования сгустка сокращается, органолептические показатели имеют наибольшие баллы, значение кислотности находится в пределах нормы.

Закваска «Углич-7К» производится на отечественной биофабрике, что отвечает курсу Правительства Российской Федерации по импортозамещению.

При использовании в качестве обогатителя ягоды брусники необходима их предварительная подготовка. Перед использованием ягоды высушиваются в сушильном шкафу в течение 8 часов при температуре 60 °С. При таком режиме предварительной подготовки сохраняются витамины и минералы, ягоды имеют оптимальную массовую долю влаги и продукт безопасен по микробиологии.

Для определения количества вносимого наполнителя проводились экспериментальные выработки сыра с дозой внесения ягод брусники 3 %, 5 %, 7 %, 10 % и 15 %. Полученные образцы оценивали по органолептическим показателям.

На рисунке 3 представлена балльная оценка опытных образцов сыра, обогащенного ягодой Сибирского региона.

Во всех образцах продукта вкус чистый, кисломолочный, слегка сырный. При внесении 3 и 5 % вкус ягод брусники недостаточно выраженный, при 7 % – ощущается небольшое количество частиц брусники, вкус ягод достаточно выраженный, при 10 % привкус сыра кисловатый, при 15 % – излишне кислый.

Использование сушеной брусники в количестве 7 % является оптимальным решением, т. к. в этом образце наблюдались наилучшие показатели по консистенции, внешнему виду, вкусу и запаху. Вкус ягод брусники был достаточно выраженным. Консистенция однородная, плотная, с включени-

ями ягод брусники. Запах приятный, характерный данному продукту. Вкус чистый, кисломолочный, слегка сырный, ощущается небольшое количество частиц брусники.

По результатам проведенных экспериментов была разработана технологическая схема производства сыра, обогащенного ягодой Сибирского региона, проведена выработка продукции.

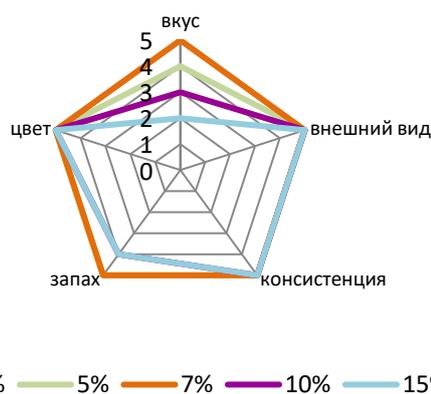


Рисунок 3 – Балльная оценка опытных образцов сыра, обогащенного ягодой Сибирского региона

Figure 3 - Scoring of experimental samples of cheese enriched with berries of the Siberian region

Массовая доля жира в сухом веществе сыра с ягодами сушеной брусники составила 52 %. Массовая доля влаги равна 48 %. Количество белка составляет в продукте с сушеной ягодой 23,3 %. Значение титруемой кислотности находится в пределах нормы и составляет 80°Т.

ВЫВОДЫ

После проведения комплексных исследований была разработана технология обогащенного сыра. Использование такого вида сырья, как ягоды брусники, позволяет не только создать новый продукт, но и сократить затраты на транспортировку и хранение сырья, т. к. ягода произрастает в Алтайском крае. Использование в качестве растительного сырья – ягод – является интересным решением.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технология и оборудование для производства натурального сыра : учебник / И. Раманаускас, А.А. Майоров, О.Н. Мусина [и др.]. 2-е изд., стер. Санкт-Петербург : Лань, 2019. 508 с. ISBN 978-5-8114-4387-1. Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. URL: <https://e.lanbook.com/book/119610> (дата обращения: 10.12.2020). Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. ГОСТ Р 52054-2003. Молоко коровье сырое. Технические условия: дата введения 2004-01-01. Москва : Стандартинформ, 2003. 6 с.
3. Астафьева А.Н., Сорокопуд В.В. Физико-химические свойства экстрактов ягод брусники // Техника и технология пищевых производств. 2012. № 2 (25), с. 11-14.
4. Щетинин М.П., Кольтюгина О.В., Бычкова М.В. Применение плодово-ягодного сырья для получения термокислотного сырного продукта и напитка // Современные проблемы техники и технологии пищевых производств : Пятая Всерос. науч.-практ. конф. : [сб. материалов Пятой Всерос. науч.-практ. конф. «Исследования и достижения в обл. теорет. и прикладной химии. Экология. Продукты питания», секция «Соврем. проблемы техники и технологии пищевых пр-в» : в 2 ч. / под общ. ред.: М.П. Щетинина, Л.Е. Мелешкиной]. Барнаул : Изд-во АлтГТУ, 2011. Ч. 2. С. 211–215.
5. Гаврилова Н.Б. Современные технологии производства мягких сыров // Переработка молока. 2016. № 9. С. 12–15.

Информация об авторах

К. А. Медведева – магистр Московского государственного университета пищевых производств.

Е. М. Щетинина – к.т.н., доцент кафедры «Технологии продуктов питания» Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова.

Н. С. Золотухина – к.т.н., доцент кафедры «Технологии продуктов питания», Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова.

М. П. Щетинин – д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Технология продуктов питания» Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова.

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

Статья поступила в редакцию 28.03.2022; одобрена после рецензирования 17.04.2022; принята к публикации 17.05.2022.

The article was received by the editorial board on 28 Mar 22; approved after reviewing on 17 Apr 22; accepted for publication on 17 May 22.

REFERENCES

1. Ramanauskas, I., Maiorov, A.A. Musina, O.N. [et al.]. (2019). *Technology and equipment for the production of natural cheese: textbook*. 2nd ed., revised. St. Petersburg: Lan, 508 p. ISBN 978-5-8114-4387-1. Doi: electronic library system. Retrieved from: <https://e.lanbook.com/book/119610>. (In Russ.).
2. Raw cow's milk. Specifications (2003). HOST R 52054-2003 from 1 Jan. 2004. Moscow: Standartinform. (In Russ.).
3. Astafieva, A.N. & Sorokopud, V.V. (2012). Physical and chemical properties of lingonberry extracts. *Technique and technology of food production*, 2(25), 11-14. (In Russ.).
4. Shchetinin, M.P., Kolyugina, O.V. & Bychkova, M.V. (2011). Application of fruit and berry raw materials for obtaining a thermo-acid cheese product and drink scientific-practical. conf. : [Sat. materials of the Fifth All-Russian. scientific-practical. conf. "Research and achievements in the region. theoret. and applied chemistry. Ecology. Foodstuffs", section "Modern. problems of engineering and technology of food production": in 2 hours / under the general. Ed. : M.P. Shchetinina, L.E. Meleshkina]. Barnaul : AltGTU Publishing House, Part 2., 211-215. (In Russ.).
5. Gavrilova, N.B. (2016). Modern technologies for the production of soft cheeses. *Milk processing*, (9), 12-15. (In Russ.).

Information about the authors

K. A. Medvedeva - Master of the Moscow State University of Food Production.

E. M. Shchetinina - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Food Technology, Polzunov Altai State Technical University.

N. S. Zolotukhina - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Food Technology, Polzunov Altai State Technical University.

M. P. Shchetinin - Doctor of Technical Sciences, Professor, Head. Department of "Food Technology" of the Polzunov Altai State Technical University.



Научная статья

05.18.04 – Технология мясных молочных и рыбных продуктов и холодильных производств (технические науки)

УДК 637.146

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.02.003



АКТУАЛЬНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЛЬБУМИНА В БИОТЕХНОЛОГИИ КИСЛОМОЛОЧНОГО НАПИТКА

Юлия Геннадьевна Стурова ¹, Анастасия Викторовна Гришкова ²,
Дарья Дмитриевна Гильдерман ³

^{1,3} Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, Барнаул, Россия

¹ y_sturova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4492-6628>

³ gilderman99@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6036-440X>

² Алтайский государственный медицинский университет, Барнаул, Россия, Сибирский научно-исследовательский институт сыроделия, Барнаул, Россия

² anastasiya-kriger@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1117-0489>

Аннотация. В последние годы проблема правильного питания в нашей стране и во всем мире особенно обострилась. При неполноценном питании нарушается обмен веществ, работа пищеварительной, сердечно-сосудистой, нервной и других систем организма. Пищевой рацион человека постоянно должен включать более шестисот нутриентов, примерно 95 % из которых обладают лечебно-профилактическими свойствами.

Кисломолочные продукты отличаются рядом полезных свойств. Они препятствуют размножению гнилостных кишечных бактерий, улучшают пищеварение, способствуют очищению кишечника и лучшему усвоению пищи. Постоянное употребление этих продуктов замедляет процессы старения, поскольку молочная кислота способна уничтожать бактерии, являющиеся виновниками гниения пищи в кишечнике. Кроме того они являются источником ферментов, минеральных солей, белков и витаминов В₁₂ и D, органических и насыщенных жирных кислот, моно- и дисахаридов, макро- и микроэлементов.

Таким образом, одним из перспективных направлений является производство кисломолочных напитков с высокой биологической ценностью, обогащенных пробиотиками и белком. Введение в состав напитка пробиотических бактерий и белка будет усиливать положительные свойства продукта, благодаря которым происходит транспорт полезных веществ по крови, сохраняется водный баланс в клетках и межклеточном пространстве, осуществляется работа иммунной системы, ферментные превращения, а также позволит отнести данный продукт к функциональным пищевым продуктам лечебно-профилактического назначения.

Ключевые слова: йогурт, альбумин, 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., Гришкова, А. В., Гильдерман, Д. Д. Актуальность использования альбумина в биотехнологии кисломолочного напитка // Ползуновский вестник. 2022. № 2. С. 20–27. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.02.003, EDN: <https://elibrary.ru/cioiuf>.

Original article

RELEVANCE OF THE USE OF ALBUMIN IN THE BIOTECHNOLOGY OF FERMENTED MILK DRINK

Yuliia G. Sturova ¹, Anastasia V. Grishkova ², Daria D. Gilderman ³

^{1,3} Polzunov Altai State Technical University, Barnaul, Russia

¹ y_sturova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4492-6628>

² anastasiya-kriger@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1117-0489>

² Altai State Medical University, Barnaul, Russia, Siberian Research Institute of Cheese Making, Barnaul, Russia.

² gilderman99@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6036-440X>

Abstract. *In recent years, the problem of proper nutrition in our country and around the world has become especially acute. With poor nutrition, the metabolism, the digestive, cardiovascular, nervous and other systems of the body are disrupted. The human diet should constantly include more than six hundred nutrients, about 95 % of which have therapeutic and preventive properties.*

Fermented milk products have a number of useful properties. They prevent the proliferation of putrefactive intestinal bacteria, improve digestion, promote intestinal cleansing and better assimilation of food. The constant use of these products slows down the aging process, since lactic acid is able to destroy the bacteria that are responsible for the rotting of food in the intestine. In addition, they are a source of enzymes, mineral salts, proteins and vitamins B₁₂ and D, organic and saturated fatty acids, mono- and disaccharides, macro- and microelements.

Thus, one of the promising directions is the production of sour-milk drinks with high biological value, enriched with probiotics and protein. The introduction of probiotic bacteria and protein into the composition of the drink will enhance the positive properties of the product, thanks to which the transport of beneficial substances through the blood takes place, the water balance in cells and intercellular space is preserved, the work of the immune system is carried out, enzyme transformations, and will also allow this product to be attributed to functional food products for therapeutic and preventive purposes.

Keywords: *yogurt, albumin, probiotics, sourdough, active acidity, organoleptic parameters, functional products, healthy nutrition.*

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. 075-00316-20-01 dated 02/21/2020; mnemonic code 0611-2020-013; topic number FZMM-2020-0013).*

For citation: Sturova, Yu. G., Grishkova, A. V. & Gilderman, D. D. The relevance of the use of albumin in yogurt biotechnology the relevance of the use of albumin in the biotechnology of fermented milk drink // *Polzunovskiy vestnik*, (2), 20-27. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.02.003.

Пища является единственным источником энергии для нашего организма, необходимым для «строительства» новых клеток, поддержания жизнедеятельности организма в целом, нормальной работы органов и систем. Неправильное, несбалансированное питание может привести к развитию многих заболеваний, ухудшению внешнего вида, эмоционального состояния.

Следовательно, для поддержания здоровья на хорошем уровне необходимо соблюдать простые правила планирования здорового питания, основные составля-

ющие которого – натуральность, полноценность, сбалансированность.

Принцип сбалансированности заключается в адекватном соотношении белков, жиров, углеводов, витаминов, микроэлементов и клетчатки.

Согласно анализу статистических данных потребления животного белка в России за 2020 г., средняя норма потребления равняется 43 г/сут на человека, что составляет лишь 80 % от установленной институтом питания РАМН физиологической нормы в 54 г/сут. Уменьшение доли животного белка в

рационе человека неблагоприятно сказывается на общем состоянии здоровья, развитии и росте организма, а также снижает иммунитет [1, 2].

Данная проблема наглядно отражает необходимость поиска новых способов и разработки технологий, позволяющих обогащать повседневный пищевой рацион населения дополнительным количеством животного белка.

Одной из перспективных сфер для развития в данной области является молочная отрасль, т.к. доля молока и молочных продуктов в пищевом рационе человека составляет около 40 %. Однако в условиях складывающейся тенденции дефицита молока-сырья, остро встает необходимость наиболее полно-

го вовлечения питательных компонентов вторичного сырья в производственный процесс. Большой интерес специалистов и ученых вызывает использование и внедрение в рецептуры продуктов белков подсырной сыворотки.

Сывороточные белки имеют противовоспалительный и токсиносвязывающий эффекты, обладают антиканцерогенным и иммуномоделирующим действиями, содержат большее количество незаменимых аминокислот и являются более полноценными [3, 4].

В результате коагуляции большинство фракций белков сыворотки переходят в альбумин в различном соотношении (таблица 1), что обуславливает практически идентичный творогу аминокислотный состав (таблица 2) [3].

Таблица 1 – Переход различных фракций сывороточных белков в альбумин в процессе коагуляции

Table 1 - Transition of various fractions of whey proteins to albumin during coagulation

Фракции сывороточных белков	Переход фракций сывороточных белков в альбумин, %
Иммунные глобулины + γ -казеин	36,5
Лактоальбумин	53,0
Лактоглобулин	83,2
Сывороточный альбумин	38,0

Таблица 2 – Аминокислотный состав альбумина и творога

Table 2 - Amino acid composition of albumin and cottage cheese

Аминокислота	Содержание аминокислот, %	
	в альбумине	в твороге
Цистин	11,2	0,17
Тиразин	7,37	7,36
Гистидин	2,01	3,57
Аргинин	4,86	4,08
+аспарагиновая кислота	10,15	11,23
Треонин + глутаминовая кислота	20,00	19,92
Аланин	13,30	2,70
Лейцин	1,33	1,85
Тирозин	2,96	6,11
Метионин + валин	12,45	8,99
Фенилаланин	3,64	5,01
Лейцин + изолейцин	16,40	13,60

Данные, представленные в таблицах 1–2, являются еще одним доказательством того, что альбумин является уникальным белковым ресурсом, использование которого позволит улучшить не только биологические и вкусовые характеристики продуктов питания, но и снизить себестоимость производства за счет экономии дефицитного сырья.

Использование сывороточных белков в молочной отрасли приведёт к увеличению выхода и повышению питательной ценности готового продукта. Включение альбумина в состав рецептур молочных продуктов позволит снизить себестоимость последних.

Наиболее актуальным направлением является использование альбумина в составе творожных продуктов и кисломолочных

АКТУАЛЬНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЛЬБУМИНА В БИОТЕХНОЛОГИИ КИСЛОМОЛОЧНОГО НАПИТКА

напитков. Они могут быть обогащены различными вкусовыми наполнителями, что позволит удовлетворить спрос широкого круга потребителей и будет востребовано на рынке. Кроме того, они могут быть обогащены пробиотическими организмами, что позволит получить продукты функционального назначения [3].

Актуальность применения пробиотиков в технологии пищевых производств для поддержания иммунной системы сегодня как никогда высока, учитывая возможность их использования в качестве фактора замедления прогрессирования новой коронавирусной инфекции.

Пробиотические микроорганизмы выполняют микробиологическую функцию, препятствуя условно-патогенным микроорганизмам развиваться в кишечнике, подавляя их рост путем образования молочной, пропионовой и уксусной кислот, бактериоцинов и активных форм кислорода. Повышают обеспеченность макроорганизма витаминами (тиамин, рибофлавин, пиридоксин, витамин К) и другими биологически активными веществами, способствующими лучшему усвоению белков пищи. Они помогают бороться с непереносимостью лактозы, способствуют укреплению иммунитета, помогают справиться организму с респираторными заболеваниями и другими инфекциями [5, 6]. Кроме того, они регулируют кишечный транзит и укрепляют стенки кишечника, влияя на их проницаемость. Также пробиотики и др. представители нормобиоты играют важную роль в регуляции как врожденной, так и адаптивной иммунной системы, активируя макрофаги [7, 8].

В данной статье представлены результаты научных исследований по разработке

технологии йогурта с добавлением сывороточного альбумина и пробиотической закваски. Исследования проводились в условиях лаборатории Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова.

При проведении экспериментов в качестве сырья использовалось сырое молоко и молочный альбумин. Сырье по органолептическим и физико-химическим показателям исследовалось в соответствии с нормативно-технической документацией:

- ТР ТС 033/2013 Технический регламент Таможенного союза «О безопасности молока и молочной продукции»;

- ГОСТ 31449-2013 «Молоко коровье сырое. Технические условия»;

- ГОСТ 33956-2016 «Альбумин молочный и пасты альбуминные. Технические условия».

Определение и подсчет пробиотических микроорганизмов выполнялся в соответствии с ГОСТ 56139-2014 «Продукты пищевые специализированные и функциональные. Методы определения и подсчета микроорганизмов».

В качестве закваски применяли АСТ-10 ТМ «АлтаЛакт», включающую следующие культуры:

- Streptococcus thermophilus 1·10¹⁰ КОЕ/г;

- Bifidobacterium lactis 1·10⁸ КОЕ/г;

- Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus 1·10⁸ КОЕ/г;

- Lactobacillus acidophilus 1·10⁸ КОЕ/г;

- Lactobacillus casei 1·10⁸ КОЕ/г.

Исходное сырьё для составления смеси для изготовления йогурта обладало следующими физико-химическими показателями, представленными в таблице 3.

Таблица 3 – Физико-химические показатели исходного сырья

Table 3 - Physical and chemical parameters of the feedstock

Показатель	Молоко	Молочный альбумин
Кислотность, °Т	18±0,5	90±0,7
Массовая доля жира, %	3,8±0,3	1,05±0,03
Массовая доля белка, %	3,25±0,01	13,06±0,01
Массовая доля сухих веществ, %	12,5±0,06	20,08±0,01

В молоко вносили различные дозы молочного альбумина. Доза вносимого альбу-

мина и последовательность образцов представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Доза вносимого альбумина и последовательность образцов

Table 4 - The dose of injected albumin, and the sequence of samples

Номер образца	Доза вносимого альбумина, %
1	2
2	4
3	6
4	8

Органолептические показатели альбумина, используемого для внесения в биоогурт, представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Органолептические показатели альбумина

Table 5 - Organoleptic indicators of albumin

Наименование показателя	Характеристика
Внешний вид	Пастообразная масса
Вкус и запах	Чистый, свойственный вкусу и запаху альбумина, без посторонних привкусов и запахов
Цвет	Белый с кремовым оттенком, равномерный по всей массе

По завершении процесса и получении готового продукта была проведена оценка исследуемых образцов по органолептическим показателям качества, данные которых представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Органолептические показатели исследуемых образцов

Table 6 - Organoleptic parameters of the studied samples

Образец	Вкус и запах	Внешний вид и консистенция	Цвет
Образец № 1	Кисломолочный, слегка сладковатый	Однородная, в меру вязкая, с наличием незначительного количества крупки	Кремовый молочный, равномерный по всей массе
Образец № 2	Кисломолочный, слегка сладковатый	Однородная, в меру вязкая, без газообразования	
Образец № 3	Молочный, слегка сладковатый	Однородная, в меру вязкая, с ненарушенным плотным сгустком, без газообразования	
Образец № 4	Выраженный молочный, свойственный вкусу и запаху альбумина, слегка сладковатый	Однородная, в меру вязкая, с ненарушенным плотным сгустком, без газообразования	

Анализ полученных данных показывает, что при увеличении дозы вносимого альбумина были получены образцы с более выраженным молочным вкусом и запахом.

Сводная таблица данных, отражающая зависимость органолептических показателей от дозы внесения альбумина по пятибалльной шкале, представлена в таблице 7.

Таблица 7 – Зависимость органолептических показателей от дозы внесения альбумина

Table 7 - Dependence of organoleptic parameters on the dose of albumin application

Наименование показателя	Баллы			
	Образец № 1	Образец № 2	Образец № 3	Образец № 4
Вкус и запах	3	4	4	5
Внешний вид	4	4	5	5
Консистенция	2	3	4	5
Цвет	5	5	5	5

АКТУАЛЬНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЛЬБУМИНА В БИОТЕХНОЛОГИИ КИСЛОМОЛОЧНОГО НАПИТКА

Из данных таблицы 7 видно, что самые высокие баллы за органолептические показатели имел образец № 4, отличаясь от других образцов выраженным молочным вкусом и запахом, свойственным вкусу и запаху альбумина, более плотным сгустком и вязкой консистенцией, полученной за короткий период сквашивания, в отличие от времени сквашивания других образцов.

Дальнейшие исследования велись в области внесения разных доз альбумина и изучения их влияния на прочность сгустков, т. к.

все образцы биоогурта можно отнести к псевдопластичным реологическим телам, которые описываются уравнением Оствальда и характеризуются коагуляционно-конденсационной структурой. С увеличением градиента скорости сдвига происходит уменьшение вязкости образцов, что объясняется разрушением структуры белкового сгустка.

Сенсорная оценка плотности сгустков, оцененная по 5-балльной шкале, представлена в таблице 8.

Таблица 8 – Сенсорная оценка плотности сгустков, оцененная по 5-балльной шкале

Table 8 - Sensory assessment of the density of clots, estimated on a 5-point scale

Наименование показателя	Баллы			
	Образец № 1	Образец № 2	Образец № 3	Образец № 4
Плотность сгустка	2	3	4	5
Консистенция	2	2	3	5
Процесс релаксации	1	2	3	4

В готовом продукте, где массовая доля вносимого альбумина в одном из образцов составила 6 г и в другом 8 г, это образцы под № 3 и № 4, структура молочного сгустка была прочной уже через 4 ч после процесса заквашивания, по сравнению с образцом под № 1 и № 2, где массовая доля альбумина составила 2 г и 4 г за счет связывания свободной воды и замедления отделения сыворотки, что

позволяет исключить дополнительное внесение стабилизаторов и загустителей в нормализованную смесь.

Исследования содержания доли белка в готовом продукте посредством добавления молочного альбумина при приготовлении нормализованной смеси были проведены методом Кьельдаля. Результаты представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Полученное содержание общего белка в готовом продукте

Table 9 - Total protein content obtained in the finished product

Номер образца	Доза вносимого альбумина, %	Полученное содержание общего белка в продукте, %
1	2	3,53±0,01
2	4	3,80±0,01
3	6	4,06±0,01
4	8	4,32±0,01
Контрольный образец	-	3,25±0,01

Согласно данным таблицы, самое высокое содержание белка имеет образец № 4, что подтверждает возможность повышения его доли в готовом продукте с увеличением дозы внесения альбумина.

Как уже отмечалось ранее, за счёт внесения альбумина можно повысить уровень

сухих веществ в биоогурте, что благоприятно сказывается на его органолептических характеристиках. Данные по определению количества сухих веществ в готовом продукте представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Количественное содержание сухих веществ в готовом продукте

Table 10 - Quantitative content of dry substances in the finished product

Образец №	Полученное содержание массовой доли сухих веществ в продукте	Массовая доля вносимого альбумина, %
1	12,6±0,08	2
2	13,0±0,06	4
3	13,4±0,07	6
4	13,9±0,07	8
Контрольный	12,5±0,06	0

Наибольшее содержание сухих веществ в образце № 4, по сравнению с другими исследуемыми образцами, подтверждает теорию возможности повышения массовой доли сухих веществ в готовом продукте с увеличением дозы внесения в него молочного альбумина.

Важным этапом в ходе проведения исследований стояла задача выяснить содержание бифидобактерий в готовом продукте. Анализ на содержание бифидобактерий проводился методом культивирования на питательной среде и дальнейшем микроскопировании. Посевы проводились из первого разведения. Результаты микроскопирования показали, что содержание бифидобактерий в исследуемом образце составило $21 \cdot 10^6$, что соответствует требованиям к функциональным продуктам питания.

Общая оценка совокупности всех вышеизложенных значений параметров и экспериментально доказанной их положительной линейной зависимости от дозы вносимого обогапителя подтверждает, что возможность использования составных компонентов вторичного молочного сырья в технологиях традиционных молочных продуктов реальна и как никогда выгодна для производителей в области инноваций. Увеличение доли промышленных предприятий, поддерживающих политику безотходного производства и полного вовлечения всех питательных элементов молока-сырья в технологический процесс, благоприятно скажется не только на экономическом аспекте, но и на снижении уровня воздействия на экологию в целом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Григорьев, П.Я., Яковенко, А.В. Клиническая гастроэнтерология. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Медицинское информационное агентство, 2004. 768 с.
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. Волкова Т.А. Альбумин молочный – высококачественный концентрат сывороточных белков // Переработка молока. 2021. № 5. С. 40–43.

4. Мухин Н.А., Моисеев В.С. Пропедевтика внутренних болезней: учебник. Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2020. 848 с. ISBN 978-5-9704-5327-8.

5. 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.

6. 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.

7. Shi N., Li N., Duan X., Niu H. Interaction between the gut microbiome and mucosal immune system. Military Medical Research. 2017. 4:59. doi: 10.1186/s40779-017-0122-9.

8. Tilg H., Moschen A.R. Food, immunity and the microbiome. Gastroenterology. 2015.148(6). 107–1119. doi: 10.1053/j. gastro. 2014.12.036.

Информация об авторах

Ю. Г. Стурова – кандидат технических наук, доцент кафедры технология продуктов питания Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова.

А. В. Гришкова – кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник ФГБНУ ФАНЦА; доцент кафедры биологии, гистологии, эмбриологии и цитологии Алтайского государственного медицинского университета.

Д. Д. Гильдерман – магистрант гр. 8ПЖС-01 кафедры технологии продуктов питания Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова.

REFERENCES

1. Grigoriev, P.Ya., Yakovenko, A.V. (2004). *Clinical gastroenterology*. 3rd ed., reprint. and additional. M.: Medical Information Agency. (In Russ.).
2. E.N. Demina [et al.] (2020). Comprehensive assessment of the quality of enriched yogurt.

ПОЛЗУНОВСКИЙ ВЕСТНИК № 2 2022

АКТУАЛЬНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЛЬБУМИНА В БИОТЕХНОЛОГИИ
КИСЛОМОЛОЧНОГО НАПИТКА

Polzunovskiy Vestnik, (1), 56-60. DOI: 10.25712/ASTU.2072-8921.2020.01.011. (In Russ.).

3. Volkova, T.A. (2021) Milk albumin – high-quality whey protein concentrate. *Milk processing*, (5), 40-43. (In Russ.).

4. Mukhin, N.A & Moiseev, V.S. (2020). *Pro-paedeutics of internal diseases: textbook*. Moscow: GEOTAR-Media, ISBN at 978-5-9704-5327-8. (In Russ.).

5. Grishkova, A.V., Sturova, Yu.G. & Khavrov Ya.V. Probiotics as a health factor. *Dairy industry*. (2), 28-49. DOI: 10.31515/1019-8946-2020-02-48-49. (In Russ.).

6. Sturova, Yu.G. & Kashina E.D. (2020). The use of probiotic starter culture in the developed soft cheese biotech. *Dairy industry*, (10), 49-51. DOI: 10.31515/1019-8946-2020-10-49-51. (In Russ.).

7. Shi, N., Li, N., Duan, X. & Niu, H. (2017). Interaction between the gut microbiome and mucosal immune system. *Military Medical Research*. 4(59). doi: 10.1186/s40779-017-0122-9.

8. Tilg, H. & Moschen, A.R. (2015). Food, immunity and the microbiome. *Gastroenterology*, 148(6):1107-1119. doi: 10.1053/j.gastro.2014.12.036.

Information about the authors

Yu. G. Sturova - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Food Technology of the Polzunov Altai State Technical University.

A. V. Grishkova - Candidate of Technical and Technical Sciences, Associate Professor, Senior Research Associate of the FGBNU FAN-CA; Associate Professor of the Department of Biology, Histology, Embryology and Cytology of the Altai State Medical University.

D. D. Gilderman - Master's student of gr. 8PZHS-01 of the Department of Food Technology of the 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 28.03.2022; одобрена после рецензирования 17.04.2022; принята к публикации 17.05.2022.

The article was received by the editorial board on 28 Mar 22; approved after reviewing on 17 Apr 22; accepted for publication on 17 May 22.



Научная статья

05.18.01 – Технология обработки, хранения и переработки злаковых, бобовых культур, крупяных продуктов, плодоовощной продукции и виноградарства
УДК 664.144(14)

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.02.004



РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУРЫ И СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА КОНДИТЕРСКИХ ПАСТ

Лариса Егоровна Мелёшкина ¹, Анна Владимировна Снегирева ²

^{1,2} Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, Барнаул, Россия

¹ meleshkina_le@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0812-3630>

² sne.anna@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2461-1848>

Аннотация. В статье рассмотрены результаты оценки потребительских предпочтений в отношении кондитерских паст. Установлен возрастной диапазон основной когорты потребителей кондитерских паст – от 16 до 25 лет. Выявлена периодичность частоты приобретения продукции, установлены критерии выбора, отношение к торговым маркам. Проведена экспертная оценка органолептических характеристик кондитерских паст, выработанных промышленным способом. Исследованы физико-химические показатели промышленных кондитерских паст, выявлен отличительный признак – высокое содержание белка, обеспечивающий изученным пастам конкурентные преимущества в массовом и спортивном питании. Выработаны рекомендации по улучшению потребительских свойств кондитерских паст. Предложен альтернативный орехам сырьевой источник: подсолнечная мука. Изучены функционально-технологические свойства, показатели окислительной порчи термически обработанной муки. Предложена рецептура кондитерской пасты с повышенным содержанием витаминов С, Е, РР, флавоноидов.

Ключевые слова: паста кондитерская, обогащенный пищевой продукт, функционально-технологические свойства, зверобой продырявленный.

Благодарности: Работа выполнена в рамках госзадания Минобрнауки РФ (мнемокод 0611-2020-013; номер темы FZMM-2020-0013, ГЗ № 075-00316-20-01).

Для цитирования: Мелёшкина, Л. Е., Снегирева, А. В. Разработка рецептуры и сравнительная оценка кондитерских паст // Ползуновский вестник. 2022. № 2. С. 28–35. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.02.004. EDN: <https://elibrary.ru/edyhjq>.

Original article

FORMULATION DEVELOPMENT AND COMPARATIVE EVALUATION CONFECTIONERY PASTES

Larisa E. Meleshkina ¹, Anna V. Snegereva ²

^{1,2} Altai State Technical University named after I.I. Polzunova, Barnaul, Russia

¹ meleshkina_le@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0812-3630>

² sne.anna@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2461-1848>

Abstract. *The article considers the results of the evaluation of consumer preferences in relation to confectionery pastes. The age range of the main cohort of consumers of confectionery pastes has been established - from 16 to 25 years. The periodicity of the frequency of purchase of products is revealed, selection criteria are established, attitude to trademarks. An expert assessment of the organoleptic characteristics of confectionery pastes produced by industrial method was carried out. The physicochemical parameters of industrial confectionery pastes were studied, a distinctive feature was revealed - a high protein content, which provides the studied pastes with competitive advantages in mass and sports nutrition. Recommendations have been developed to improve the consumer properties of confectionery pastes. An alternative raw material source to nuts is proposed: sunflower flour. Functional and technological properties, indicators of oxidative spoilage of heat-treated flour have been studied. A recipe for confectionery paste with an increased content of vitamins C, E, PP is proposed.*

Keywords: *confectionery paste, enriched food product, functional and technological properties, Hypericum perforatum.*

Acknowledgments: *The work was carried out within the framework of the state task of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation (mnemocode 0611-2020-013; topic number FZMM-2020-0013, GDZ No. 075-00316-20-01).*

For citation: Meleshkina, L. E. & Snegereva, A. B. (2022). Formulation development and comparative evaluation of confectionery pastes. *Polzunovskiy vestnik*, (2), 28-35. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.02.004.

Стремительно меняющаяся ситуация на рынке продовольственного сырья диктует новые условия деятельности пищевой промышленности. Импортозамещение, снижение себестоимости пищевой продукции выходят на первый план, однако вопросы качества и безопасности также не должны оставаться без внимания специалистов пищевой промышленности. Особенно подвержены влиянию волатильности рынка сырья кондитерские изделия, демонстрирующие неуклонный ценовой рост. Потребители, относящиеся с вниманием к содержимому своей потребительской корзины, ограничивают потребление высококалорийных кондитерских изделий. Однако линейка кондитерских паст, представляющих собой гомогенную пластичную массу с высокой вероятностью равномерного распределения физиологически ценных добавок, помимо энергетической ценности, может являться источником биологически ценных веществ, основой позитивных вкусовых ощущений, влияющих

на устойчивость нейрофизиологического состояния потребителя в условиях стресса.

Для производства кондитерских паст используют орехи, семена масличных культур. С учетом тенденции ресурсосбережения разработанная и запатентованная Егоровой Е.Ю. и Баташовой Н.В. композиция для производства кондитерских паст, включающая жмых кедрового ореха [5], использование в шоколадно-ореховой пасте вместо дефицитных орехов зародышей пшеницы [7] представляет особый интерес. Исследования, представленные в данной работе, также нацелены на оптимальное использование ресурсов при сохранении приоритета защиты здоровья потребителей.

Цель исследования

Исследования кондитерских паст, вырабатываемых промышленными предприятиями, разработка рецептур обогащенных кондитерских паст.

Задачи исследования:

- оценка потребительских предпочтений в отношении кондитерских паст;
- оценка органолептических характеристик промышленно вырабатываемых кондитерских паст;
- выработка рекомендаций по улучшению потребительских свойств паст;
- исследование показателей пищевой ценности промышленно вырабатываемых кондитерских паст;
- исследования функционально-технологических свойств подсолнечной муки;
- разработка обогащенных кондитерских паст на основе подсолнечной муки.

Материалы и методы исследования

Экспериментальные исследования были выполнены на базе Центра комплексных исследований и экспертной оценки пищевой продукции «АлтайБиоЛакт» (ЦКИ «АлтайБиоЛакт») ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова».

Объектом исследования явились пасты кондитерские, выработанные промышленным способом и разработанные в ходе исследований.

Органолептический анализ паст кондитерских осуществлялся методом условного профилирования по ГОСТ ISO 13299-2015 [1].

Определение массовой доли жира проводили по ГОСТ 31902-2012 [2], определение массовой доли белка – по ГОСТ 34551-2019 [3].

Определение жирудерживающей способности (ЖУС), вододерживающей способности (ВУС), пенообразующей способности (ПОС) и стойкости пены (СП) – по методикам, рекомендованным ВНИИЖ [8].

Переокисное число муки подсолнечной определяли по ГОСТ Р 51487-99 [4].

Товароведную оценку кондитерских паст выполняли по методике [10].

Результаты и их обсуждение

В работе были исследованы кондитерские пасты, произведенные в Алтайском крае, с целью сравнительного органолептического и физико-химического анализа относительно качества кондитерских паст, принятых за эталон, и выработки рекомендаций по улучшению качества.

На первом этапе была выполнена оценка намерения приобрести продукцию различными группами потребителей. Состав респондентов по возрастным группам, пред-

ставленный на рисунке 1, отражает возрастной срез аудитории, заинтересованной в потреблении кондитерских паст.

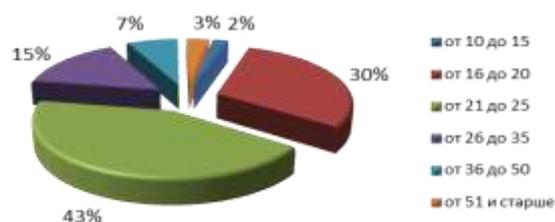


Рисунок 1 – Состав респондентов по возрастным группам

Figure 1 - The composition of respondents by age group

Основную заинтересованность в отношении кондитерских изделий (73 %) показал сегмент потребителей в возрасте от 16 до 25 лет.

Более 75 % опрошенных покупают кондитерские изделия не реже одного раза в неделю (рисунок 2), отсутствуют потребители, не заинтересованные в приобретении кондитерских изделий.

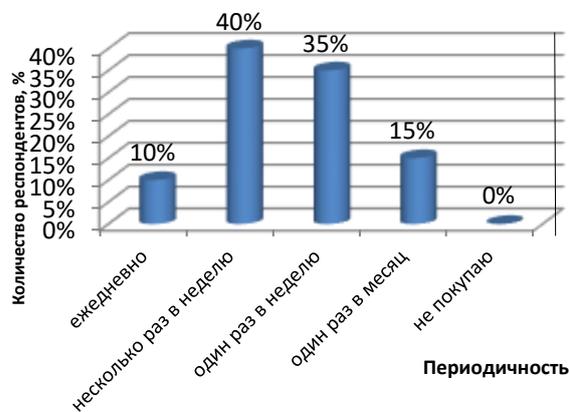


Рисунок 2 – Периодичность покупки кондитерских изделий

Figure 2 - Frequency of purchase of confectionery products

Большинство респондентов предпочитает шоколад (37 %), кондитерские пасты (25 %), конфеты (17 %). Больше предпочтение респонденты отдают шоколадным и шоколадно-ореховым пастам (45 %).

В качестве критерия выбора кондитерских паст 54 % респондентов указали вкусовые достоинства, 15 % – полезные свойства, 39 % – стоимость пасты (рисунок 3).

РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУРЫ И СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА КОНДИТЕРСКИХ ПАСТ

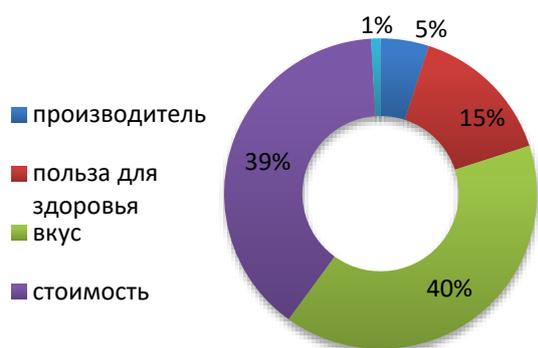


Рисунок 3 – Критерии выбора кондитерских паст

Figure 3 - Criteria for the selection of confectionery pastes

Данные исследований по оценке потребительских предпочтений в отношении торговых марок, представленные на рисунке 4, свидетельствуют о том, что 30 % респондентов выделяют кондитерскую пасту Nutella. При этом наиболее значимыми органолептическими характеристиками отмечены вкус и консистенция.

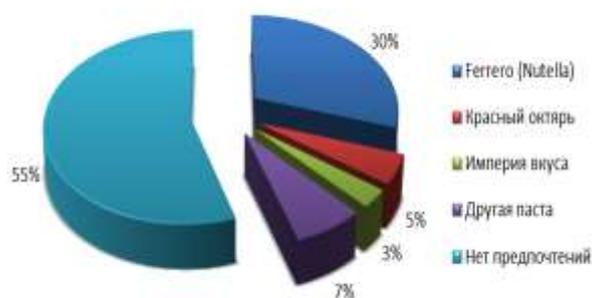


Рисунок 4 – Предпочтения в отношении торговых марок

Figure 4 - Trademark preferences

Однако большинству потребителей (55 %) не важно, кондитерскую пасту какой марки покупать, следовательно, любые новые торговые марки имеют хорошие перспективы укрепиться на рынке.

Исследования кондитерских паст, выполненных промышленным способом, выполнены в образцах 1–7, представленных в таблице 1. В качестве эталонных образцов выбраны образцы 8, 9.

Стоит отметить, что наименования паст достаточно полно характеризуют состав исследуемых объектов.

Таблица 1 – Наименования образцов

Table 1 - Names of samples

Номер образца	Наименование образца
1	Арахисовая паста с кусочками арахиса
2	Арахисовая паста классическая
3	Арахисовая паста без сахара
4	Арахисовая паста с кокосом
5	Арахисовая паста с медом
6	Шоколадно-ореховая паста
7	Десертная паста с кокосом, фундуком и вафельной крошкой
8	Паста «Nutella»
9	Паста «Nutstory»

В каждом образце оценивали по четыре дескриптора с помощью 25-балльной числовой шкалы для представления восприимчивости интенсивности характеристик. Так как исследуемые образцы обладают флейвором средней степени устойчивости, за одну сессию исследовали не более пяти образцов на одного эксперта. Для дегустации образцы освобождали от промышленной упаковки, шифровали.

В результате оценки органолептических характеристик установлены изложенные ниже отклонения от планируемого качества продукции, лежащие в рамках допустимых нормативов, но снижающие общую балльную оценку и, как следствие, формирование потребительского спроса.

В образцах 1, 2, 4 ощущается легкое горькое послевкусие стевии. Консистенция образцов 1, 2, 3 неоднородная, «песчаная», с частицами соли.

В образце 6 обнаружено присутствие насыщенных жиров, не указанных в составе, негативно влияющих на вкусовые характеристики.

Образец 7 имел несвойственное послевкусие, вероятно обусловленное использованием несвежей вафельной крошки.

Контрольный образец 9 характеризуется слабовыраженным шоколадным послевкусием. Контрольный образец 8 имеет достаточно выраженный вкус и запах, насыщенный коричневый цвет, однородную, мажущуюся консистенцию, обоснованно выбран в качестве эталона высокого качества.

Суммарная балльная оценка органолептических характеристик представлена на рисунке 5.

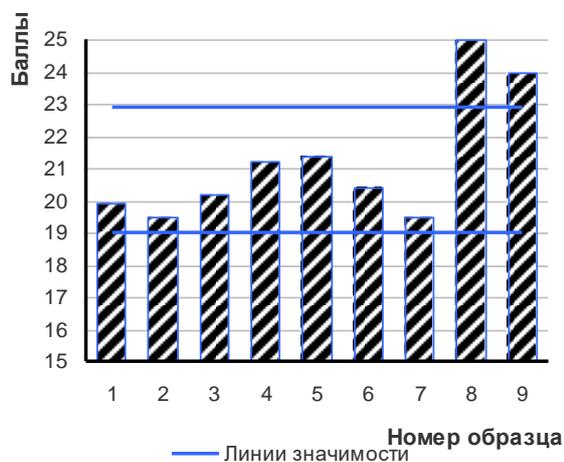


Рисунок 5 – Комплексная органолептическая оценка

Figure 5 - Comprehensive organoleptic assessment

В исследуемой серии качество образцов, лежащих ниже уровня значимости, можно охарактеризовать как удовлетворительное. Качество образцов, расположенных выше уровня значимости, считается отличным. Промежуточное значение, при сумме баллов в диапазоне от 19,0 до 22,9 характеризует хорошее качество образцов. Итак, установлено, что все исследуемые образцы имеют отклонения от характеристик образцов-эталонов. Дескрипторами с наиболее значимыми отрицательными отклонениями являются вкус и консистенция. Для улучшения этих характеристик, помимо рекомендаций по составу компонентов в рецептурах, разработаны и предложены следующие технологические приемы:

- увеличение степени измельчения сухих ингредиентов и их предварительное перемешивание перед внесением в полуфабрикат пасты;

- в качестве альтернативы указанному процессу рекомендовано включить в технологический процесс процедуру конширования готовой пасты, в результате которой происходит измельчение, гомогенизация и равномерное перемешивание. Консистенция пасты при этом становится более пластичной, решается проблема отслоения жира.

В статье 21 №47-ФЗ от 01.03.2020 г. закреплена приоритетность защиты жизни и

здоровья потребителей пищевых продуктов по отношению к экономическим интересам юридических лиц, осуществляющих деятельность, связанную с обращением пищевых продуктов [9]. В этой связи в промышленных образцах кондитерских паст были проведены исследования показателей, характеризующих важнейшее потребительское свойство – пищевую ценность продукции. Результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Показатели пищевой ценности

Table 2 - Indicators of nutritional value

Номер образца	Наименование показателей	
	Массовая доля жира, %	Массовая доля белка, %
1	54,0±0,74	31,5±0,60
2	59,0±0,97	29,8±0,52
3	56,0±0,82	29,6±0,52
4	56,5±0,77	24,6±0,52
5	45,3±0,62	19,6±0,48
6	54,8±0,72	22,0±0,50
7	43,5±0,57	7,5±0,32
8	28,0±0,53	7,0±0,32
9	30,7±0,53	6,9±0,32

Преимуществом арахисовых паст (образцы 1–5), пасты шоколадно-ореховой (образец 6) является высокое содержание белка. В соответствии с Приложением 5 ТР ТС 022/2011 в маркировке этой продукции может быть указан отличительный признак «высокое содержание белка», т. к. выполняется условие: белок обеспечивает не менее 20 % энергетической ценности (калорийности) пищевой продукции.

Однако содержание жира во всех исследуемых образцах чрезвычайно велико, что позволяет рекомендовать потребление паст в количестве не более 25 граммов в сутки.

Повысить пищевую ценность паст возможно путем коррекции рецептуры в сторону увеличения содержания биологически активных веществ. В качестве импортозамещения арахиса предлагается обратить внимание на семена и продукты переработки других масличных культур: ядра кедрового ореха, семени подсолнечника, семени тыквы и т. д.

С целью разработки альтернативной рецептуры кондитерской пасты нами проведены исследования возможности применения муки подсолнечной в производстве кондитерских паст. Перед введением в рецептуру муку подсолнечную термически обрабатывали конвективно-кондуктивным способом, что позволяет улучшить вкусовые достоинства

РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУРЫ И СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА КОНДИТЕРСКИХ ПАСТ

сырья, его цвет. Для получения однородной, не расслаивающейся эмульсии, необходимо формирование ряда функционально-технологических характеристик продукции в оптимальных пределах. Результаты исследования этих характеристик представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Функционально-технологические свойства муки подсолнечной

Table 3 - Functional and technological properties of sunflower flour

Образец, режим термической обработки	ЖУС, %	ВУС, %	ПОС, %	СП, %
№ 1 (сырая мука без обработки)	61,14	156,2	12,0	27,8
№ 2 (Т = 60 °С; τ = 30 мин)	84,64	185,95	14,5	33,3
№ 3 (Т = 60 °С; τ = 60 минут)	104,86	93,98	13,0	28,0
№ 4 (Т = 80 °С; τ = 30 мин)	64,98	159,18	10,0	25,0
№ 5 (Т = 100 °С; τ = 30 мин)	85,15	160,32	8,0	20,0

Установлено, что значения жироудерживающей способности высушенной муки выше, чем сырой. Образец, высушенный при температуре 60 °С, имеет самые высокие показатели ЖУС, особенно существенный рост демонстрирует образец № 3. С увеличением температуры и продолжительности высушивания более 80 °С показатель ЖУС снижается.

Оптимальное значение водоудерживающей способности формируется при температурной обработке в течение 30 минут при 60 °С. Дальнейшее увеличение температуры приводит к ухудшению технологических характеристик, что, вероятно, связано с денатурацией белка, содержание которого в подсолнечной муке составляет до 45 % [10].

Значения показателей пенообразующей способности и стойкость пены муки, высушенной при 60 °С, превосходят значения указанных показателей в муке, высушенной при более высоких температурах. Самый высокий показатель ПОС имеет образец № 2, что в производственном процессе благоприятно скажется на формировании консистенции.

Эмульгирующую способность белков подсолнечной муки определяли по точке расслоения при соответствующих условиях: температура, соотношение белков и воды и другие. Результаты определения эмульгирующей способности муки подсолнечной представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Эмульгирующая способность муки подсолнечной

Table 4 - Emulsifying ability of salted flour

Образец, режим обработки	Точка расслоения Т _p , мг/г
№ 1 (сырая мука без обработки)	0,400
№ 2 (Т = 60 °С; τ = 30 мин)	0,038
№ 3 (Т = 60 °С; τ = 1 ч)	0,035
№ 4 (Т = 80 °С; τ = 30 мин)	0,020
№ 5 (Т = 100 °С; τ = 30 мин)	0,020

Установили, что эмульгирующая способность сырой муки выше, чем эмульгирующая способность муки, подвергнутой термической обработке. Критерием оптимизации в данном случае является максимально возможная величина эмульгирующей способности, характерная для образца № 2.

Показатели окислительной порчи имеют важнейшее значение для прогнозирования хранимоспособности продукции. Результаты определения перекисного числа муки подсолнечной представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Перекисное число муки подсолнечной

Table 5 - The peroxide number of sunflower flour

Образец, режим обработки	Перекисное число, ммоль (½O)/кг
№ 1 (сырая мука без обработки)	3,30
№ 2 (Т = 60 °С; τ = 30 мин)	3,35
№ 3 (Т = 60 °С; τ = 1 ч)	3,48
№ 4 (Т = 80 °С; τ = 30 мин)	3,65
№ 5 (Т = 100 °С; τ = 30 мин)	4,55

С увеличением температуры и продолжительности высушивания наблюдается рост перекисного числа, протекает гидролиз жира, входящего в состав муки.

Таким образом, по совокупности показателей для производства пасты кондитерской необходима термическая обработка муки подсолнечной при температуре 60 °С от 30 до 60 минут.

Для разработки пасты на основе подсолнечной муки в качестве контрольной была взята рецептура, в которой присутствовали следующие ингредиенты: сыворотка молочная сухая подсырная, масло подсолнечное, сахар

белый кристаллический, какао-порошок, лецитин соевый и мука пшеничная [5].

Для разработки рецептуры кондитерской пасты муку пшеничную полностью заменили на подсолнечную в количестве от 20 % до 30 %. В ходе исследований определили оптимальное соотношение остальных компонентов рецептуры.

Выработку кондитерской пасты производили в следующей последовательности: сахар и лецитин соевый измельчали, затем нагревали подсолнечное масло до температуры от 55 °С до 60 °С для лучшего распределения компонентов и получения оптимальной консистенции, в нагретое подсолнечное масло вносили остальные компоненты рецептуры. Затем все ингредиенты смешивали от 5 минут до 10 минут до однородного состояния. Также разработаны варианты рецептур, в которых в качестве обогащающих добавок в кондитерскую пасту внесены: фруктоза (взамен сахара белого кристаллического), витамины Е и С, порошок зверобоя.

Рецептура кондитерской пасты, представленной в таблице 6, включает порошок травы зверобоя, богатый различными биологическими соединениями, особенно флавоноидами [6].

Таблица 6 – Рецептура кондитерской пасты на основе подсолнечной муки с добавлением зверобоя

Table 6 - Recipe of confectionery paste based on sunflower flour with the addition of St. John's wort

Наименование сырья	Массовая доля сух. в-в, %	Расход сырья на 100 г готовой продукции, г	
		в натуре	в сухих веществах
Мука подсолнечная	93,66	30,0	28,09
Масло подсолнечное рафинированное дезодорированное	99,90	30,0	29,97
Фруктоза (порошок)	99,90	11,5	11,49
Молоко сухое цельное	96,13	15,0	14,42
Какао-порошок	95,00	10,0	9,5
Лецитин соевый гранулированный	92,50	5,0	4,63
Порошок зверобоя продырявленного сушеного	98,50	0,2	0,20
Итого	–	101,7	98,30
Выход	97,30	100,0	97,30

Кондитерские пасты на основе подсолнечной муки и на основе подсолнечной муки с добавлением зверобоя значительно превосходят контрольный образец и аналоги промышленного производства по содержанию белка, пищевых волокон, Na, Ca, Mg, P, по содержанию витамина А, бета-каротина, витамина В1, В9, С, Е, РР, дубильных веществ и флавоноидов.

Работа выполнена в рамках госзадания Минобрнауки РФ (мнемокод 0611-2020-013; номер темы FZMM-2020-0013, ГЗ № 075-00316-20-01).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ ISO 13299-2015 Органолептический анализ Общее руководство по составлению органолептического профиля : введен впервые : дата введения 2015-01-01 / разработан БелГИСС. Москва : Стандартинформ, 2015 . 28 с.

2. ГОСТ 31902-2021 Изделия кондитерские. Методы определения массовой доли жира : введен впервые : дате введения 2014-01-01 / разработан "Научно-исследовательский институт кондитерской промышленности". URL : <https://docs.cntd.ru/document/1200103317> (дата обращения 09.03.2022).

3. ГОСТ 34551-2019 Изделия кондитерские. Метод определения массовой доли белка : введен впервые : дата введения 2020-07-01 / разработан Всероссийским научно-исследовательским институтом кондитерской промышленности – филиалом Федерального государственного бюджетного научного учреждения "Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова". URL : <https://docs.cntd.ru/document/1200167075> (дата обращения 10.03.2022).

4. ГОСТ Р 51487-99 Масла растительные и жиры животные. Метод определения перекисного числа : введен впервые : дата введения 2001-01-01 / разработан Временным творческим коллективом, образованным в рамках договора N 9842002 Е 4075 между АФНОР и ВНИЦСМВ с участием членов Технического комитета по стандартизации ТК 238 "Масла растительные и продукты их переработки". URL : <https://docs.cntd.ru/document/1200028330> (дата обращения 14.04.2022).

5. Егорова Е.Ю., Баташова Н.В. Разработка рецептуры и товароведная оценка кондитерской пасты со жмыхом кедрового ореха // Известия вузов, Пищевая технология. 2010. № 4. С. 36–39. URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-retseptury-i-tovarovednaya-otsenka-konditerskoj-pasty-so-zhmyhom-keдрового-oreha/viewer> (дата обращения 12.03.2022).

6. Постраш И.Ю. Трава зверобоя продырявленного: химический состав, свойства, применение // Биохимия и физиология. 2021. № 1. С. 57–63. URL : https://yaragrovuz.ru/images/Vestnik_APK/2021153/57-63.pdf (дата обращения 12.02.2022).

7. Перспективы применения жмыха зародышей пшеницы в рецептурах шоколадных паст / Н.С. Родионова, Т.В. Алексеева, О.А. Соколова, В.Б. Науменко // Актуальные вопросы современной техники и технологии. Сборник докладов XV Международной научной конференции. Липецк, 2014. С. 109–111. URL: <https://files.scienceforum.ru/pdf/2015/13476.pdf> (дата обращения 22.11.2021).

8. Руководство по методам исследования, технологическому контролю и учету производства в масложировой промышленности. В 6 т. Т. 1, кн. 1, 2. Общие методы исследования жиров и жиродержащих продуктов (химия и анализ / ред. В.П. Ржехин, А.Г. Сергеев. Ленинград : [б. и.], 1967. 585 с.

9. Федеральный закон от 01.03.2020 г. № 47-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «О качестве и безопасности пищевых продуктов» и статью 37 Федерального закона «Об образовании в Российской Федерации» / принят 18.02.2020. URL : <http://www.kremlin.ru/acts/bank/45227> (дата обращения 22.01.2022).

10. Фролова А.Е. Разработка и товароведная оценка обогащенной кондитерской пасты : специальность 05.18.15 – Технология и товароведение пищевых продуктов и функционального и специализированного назначения и общественного питания : дис. ... канд.техн. наук ; Алтайский государственный технический университет. Барнаул, 2022. 157 с.

Информация об авторах

Л. Е. Мелёшкина – кандидат технических наук, доцент кафедры «Технологии продуктов питания» Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова.

А. В. Снегирева – кандидат технических наук, доцент кафедры «Технологии продуктов питания» Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова.

REFERENCES

1. Organoleptic analysis General guidelines for the composition of the organoleptic profile. (2015). *HOST ISO 13299-2015 from 1 Jan. 2015*. Moscow : Standartinform. (In Russ.).

2. Confectionery products. Methods for determining the mass fraction of fat (2014). *HOST 31902-2021 from 1 Jan. 2014*. Retrieved from : <https://docs.cntd.ru/document/1200103317>. (In Russ.).

3. Confectionery products. The method for determining the mass fraction of protein (2020). *HOST 34551-2019 from 1 June. 2020*. Retrieved from : <https://docs.cntd.ru/document/1200167075>. (In Russ.).

4. Vegetable oils and animal fats. The method of determining the peroxide number (2001). *HOST R 51487-99 from 1 Jan. 2001*. Retrieved from: <https://docs.cntd.ru/document/1200103317>. (In Russ.).

5. Egorova, E.Yu. & Batashova, N.V. (2010). Development of the recipe and commodity evaluation of confectionery paste with pine nut cake. *Izvestia vucall, Food technology*, (4), 36-39. Retrieved from <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-retseptury-i-tovarovednaya-otsenka-konditerskoy-pasty-so-zhmyhom-kedrovogo-oreha/viewer>. (In Russ.).

6. Postrash, I.Yu. (2021). The herb of the perforated animal fight: chemical composition, properties, application. *Bio-chemistry and physiology*, (1), 57-63. Retrieved from: https://yaragrovuz.ru/images/Vestnik_APK/2021153/57-63.pdf. (In Russ.).

7. Rodionova, N.S., Alekseeva, T.V., Sokolova, O.A. & Naumenko, V.B. (2014). Prospects for the use of wheat germ cake in chocolate paste formulations. *Current issues of modern technology and technology. Collection of reports of the XV International Scientific Conference*. Lipetsk, 109-111. Retrieved from: <https://files.scienceforum.ru/pdf/2015/13476.pdf>. (In Russ.).

8. Guidelines for research methods, technological control and accounting of production in the fat-and-oil industry (1967). In 6 vols. Vol. 1, books 1, 2. General methods of the study of fats and fat-containing products (chemistry and analysis / ed. V. P. Rzhekhin, A. G. Sergeev. Leningrad :[B. I.]. (In Russ.).

9. On Amendments to the Federal Law "On the Quality and Safety of Food Products" and Article 37 of the Federal Law "On Education in the Russian Federation" (2020). *Federal Law No. 47-FZ from 1 Mar. 2020*. Retrieved from: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/45227>. (In Russ.).

10. Frolova, A.E. (2022). Development and evaluation of enriched confectionery paste. Candidate's thesis. Barnaul. (In Russ.).

Information about the authors

L. E. Meleshkina - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of "Food Technology" of the Polzunov Altai State Technical University.

A. V. Snegireva - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of "Food Technology" of the 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 28.03.2022; одобрена после рецензирования 17.04.2022; принята к публикации 17.05.2022.

The article was received by the editorial board on 28 Mar 22; approved after reviewing on 17 Apr 22; accepted for publication on 17 May 22.



Научная статья

05. 18. 01 – Технология обработки, хранения и переработки злаковых, бобовых культур, крупяных продуктов, плодоовощной продукции и виноградарства (технические науки)
УДК 664

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.02.005



РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ СПОРТИВНОГО ПИТАНИЯ С ДОБАВЛЕНИЕМ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ И СЫРА РИКОТТА

Полина Александровна Савина ¹, Олеся Сергеевна Войтенко ²,
Анастасия Андреевна Гальченко ³, Ильнара Ильшатовна Ахметзянова ⁴,
Кристина Владимировна Воршулова ⁵, Ирина Андреевна Кустова ⁶

^{1, 2, 3, 4, 5, 6} Самарский государственный технический университет, Самара, Россия

¹ savinapolina00@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0342-8083>

² olesja.voitenko@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1625-2670>

³ Galchienko2000@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8061-7622>

⁴ ahmetzianova99@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6154-7152>

⁵ kristinka2016volkova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0936-7960>

⁶ batkova_ira7@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3258-7016>

Аннотация. Спортивное питание – это применение принципов питания для повышения спортивных результатов. Поддержание сильных и здоровых спортивных результатов – это больше, чем просто вопрос тренировок, практики и «поддержания формы». Достоинством спортивного питания является сочетание компонентов, которые невозможно полноценно восполнить при тренировках с полной нагрузкой. Оно поставляет правильный тип пищи, энергию, питательные вещества и жидкости, чтобы поддерживать гидратацию организма и его функционирование на пиковых уровнях. На сегодняшний день одна из важнейших тем – это проблема правильного питания и здоровья всего населения. Состояние организма и продолжительность жизни человека зависят от полноценного питания. Один из способов решения этой проблемы – повысить качество и биологическую ценность продуктов питания за счет расширения их ассортимента, разработки новых продуктов лечебного и профилактического питания и применения различных функциональных запасов продуктов питания. Существенную роль в рационе современного человека занимают белковые и растительные продукты. По этой причине вышеуказанные трудности имеют все шансы найти свое решение при приготовлении блюд на основе высококачественных продуктов, обладающих приятным вкусом, легкой усвояемостью, низкой калорийностью и в то же время обогащенных функциональными компонентами. В этой статье представлены результаты исследований физико-химических параметров сырья, а также его антиоксидантных свойств для разработки рецептов спортивного питания. Так как проблема спортивного питания очень распространена в наше время, растительное сырье сочетает в себе огромное количество полезных и нужных свойств, а сыр рикотта обладает большой питательной ценностью, эта тема актуальна и значима как для спортсменов, так и для других групп населения в целом.

Ключевые слова: спортивное питание, сыр рикотта, антиоксидантные свойства, растительное сырье, пищевая ценность.

Для цитирования: Разработка технологии спортивного питания с добавлением растительного сырья и сыра рикотта / П. А. Савина [и др.]. // Ползуновский вестник. 2022. № 2. С. 36–41. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.02.005. EDN: <https://elibrary.ru/erikfu>.

Original article

DEVELOPMENT OF A SPORTS NUTRITION TECHNOLOGY WITH THE ADDITATION OF PLANT RAW MATERIALS AND RICOTTA CHEESE

Polina A. Savina¹, Olesya S. Voitenko², Anastasia A. Galchenko³,
Ilnara I. Akhmetzyanova⁴, Kristina V. Vorshulova⁵, Irina A. Kustova⁶

^{1, 2, 3, 4, 5, 6} Samara State Technical University, Samara, Russia

¹ savinapolina00@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0342-8083>

² olesja.voitenko@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1625-2670>

³ Galchchenko2000@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8061-7622>

⁴ ahmetzyanova99@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6154-7152>

⁵ kristinka2016volkova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0936-7960>

⁶ batkova_ira7@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3258-7016>

Abstract. Sports nutrition is the application of nutrition principles to enhance sports results. Maintaining strong and healthy athletic performance is more than just a matter of training, practice and "keeping fit." The advantage of sports nutrition is a combination of components that cannot be fully replenished during full-load training. It supplies the right type of food, energy, nutrients and fluids to keep the body hydrated and functioning at peak levels. Today, one of the most important topics is the problem of proper nutrition and health of the entire population. The state of the body and the life expectancy of a person depend on proper nutrition. One of the ways to solve this problem is to increase the quality and biological value of food products by expanding their assortment, developing new products for therapeutic and preventive nutrition and using various functional food stocks. Protein and vegetable products play an essential role in the diet of a modern person. For this reason, the above-mentioned difficulties have every chance of finding their solution when cooking dishes based on high-quality products that have a pleasant taste, easy digestibility, low calorie content and at the same time enriched with functional components. This article presents the results of studies of the physicochemical parameters of raw materials, as well as its antioxidant properties for the development of sports nutrition recipes. Since the problem of sports nutrition is very widespread over time, vegetable raw materials combine a huge number of useful and necessary properties, and ricotta cheese has great nutritional value, this topic is relevant and significant both for athletes and for other groups of the population as a whole.

Keywords: sports nutrition, ricotta cheese, antioxidant properties, vegetable raw materials, nutritional value.

For citation: Savina, P. A., Voitenko, O. S., Galchenko, A. A., Akhmetzyanova, I. I., Vorshulova, K. V. & Kustova, I. A. (2022). Development of sports nutrition technology with the addition of vegetable raw materials and ricotta cheese. *Polzunovskiy vestnik*, (2), 36-41. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.02.005.

ВВЕДЕНИЕ

Главными аспектами в построении спортивного питания являются снабжение необходимым количеством энергии и сбалансированное питание. Для поддержания нормальной деятельности человека важно поступление в организм пищевых веществ не только в соответствующих количествах, но и в определенных для усвоения соотношениях [1].

Чтобы обеспечить спортсменам опти-

мальное питание, важно разработать специализированные продукты, блюда и диеты, которые наиболее полно соответствуют потребностям организма спортсмена в питательных веществах и энергии. Одним из важнейших показателей в спортивном питании являются антиоксидантные свойства того или иного блюда. Употребление продуктов, которые содержат антиоксиданты, может предотвратить чрезмерную активацию свободно-радикального окисления, улучшить спортив-

ные показатели и ускорить восстановление. Однако неконтролируемое использование спортсменами антиоксидантных агентов может помешать усвоению механизмов адаптации, стимулируемых умеренными концентрациями активных форм кислорода [2].

Так, например, добавление свеклы в рацион – это единственный известный способ уменьшить затраты энергии. Снижение расхода энергии особенно важно для марафонцев, где запасы гликогена – ограничивающий фактор. Бегуны, сосредоточенные на более коротких расстояниях, смогут бежать гораздо большее время в интенсивном темпе, чем до этого.

Ещё один продукт, который обладает полезными свойствами для спортсменов – морковь. Она активизирует обмен веществ, помогает быстрее восстанавливаться между тренировками, а также помогает повысить выносливость организма и увеличить длительность и интенсивность тренировок [3].

Зеленые растения, такие как руккола, являются ценным источником антиоксидантов и витаминов, их использование служит надежным методом профилактики свободных меловых заболеваний и авитаминоза, что важно для улучшения функциональной ориентации диеты человека, подверженного большим стрессам [4].

Сыр рикотта, получаемый из сыворотки, имеет пониженное содержание жира и высокий уровень белка, что делает его идеальным для людей, которые придерживаются своей белковой диеты. Рикотта содержит в себе большое количество кальция – 21 %, витамина А – 13 % и В – 28 % [5].

Большая часть казеина (молочного белка), содержащегося в молоке, переходит в сырную массу при приготовлении сыра. По этой причине основным белком в сыворотке, из которой производится рикотта, является альбумин. Это делает рикотту отличным выбором для людей с непереносимостью казеина. Лучше всего рикотту делать из сыворотки, оставшейся от приготовления сыра на основе свежего молока с использованием натурального сычужного фермента. Из сыворотки, оставшейся от приготовления кисломолочного творога, рикотты получается намного меньше [6].

Целью исследования является разработка полезных блюд с добавлением растительных продуктов и сыра рикотта, определение антиоксидантной активности растительного сырья, входящего в состав блюд.

Задачи исследования:

- исследовать растительное сырье на физико-химические свойства;

- определить антиоксидантную активность растительного сырья;

- выбрать блюда, содержащие растительное сырье, полезные свойства которых будут исследованы в ходе работы;

- оценить химический состав выбранных блюд в качестве источника сбалансированного питания спортсменов.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

После изучения теоретической основы были разработаны 3 наиболее интересные и полезные рецептуры, некоторые составляющие которых были определены на антиоксидантную активность.

Таковыми блюдами были выбраны:

1. Куриная грудка с рукколой и сыром рикотта.

2. Бургер на основе протеиновой свекельной котлеты с добавлением сыра рикотта.

3. Крекер протеиновый с морковью и сыром рикотта.

Содержание растворимых сухих веществ в сырье определяли по ГОСТ Р 51433-99. В качестве рабочей навески использовали фильтрованный сок овощей.

Массовую долю титруемых кислот в расчете на лимонную кислоту определяли по ГОСТ Р 51434-99 потенциометрическим титрованием неразбавленного овощного сока.

Массовую долю редуцирующих сахаров определяли по ГОСТ 8756.13-87 фотоколориметрическим методом.

Общее содержание фенольных веществ определяли фотоколориметрическим методом с помощью реактива Folin-Ciocalteu [7]. Методика основана на окислении фенольных групп исследуемого спиртового экстракта реактивом Folin-Ciocalteu в среде насыщенного карбоната натрия. Реакция протекает при температуре 20 °С 30 мин, после чего измеряется коэффициент пропускания при 725 нм. Общее содержание фенольных веществ определяется по калибровочной кривой и выражается в мг галловой кислоты на 100 г исходного сырья (обозначено далее – ФВ, мг ГК / 100 г ИС).

Общее содержание флавоноидов измеряли фотоколориметрическим методом по интенсивности протекания реакции с растворами нитрита натрия и хлорида алюминия [8]. Коэффициент пропускания определяли при длине волны 510 нм. Общее содержание флавоноидов определяли по калибровочной кривой и выражали в мг катехина на 100 г исходного сырья (далее – Фл, г К/100 г СВ).

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ СПОРТИВНОГО ПИТАНИЯ
С ДОБАВЛЕНИЕМ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ И СЫРА РИКОТТА**

Антирадикальную активность определяли по методу DPPH [7]. Методика основана на способности антиоксидантов исходного сырья связывать стабильный хромоген-радикал 2,2-дифенил-1-пикрилгидразил (DPPH). Реакция происходила в полной темноте в течение 30 мин при температуре 20 °С, после чего определяли коэффициент пропускания при 517 нм. Антирадикальную активность выражали в виде концентрации исходного экстракта в мг / мл, при которой происходило связывание 50 % радикалов (далее – АРА, ЕС50, мг / мл).

Восстанавливающую силу изучаемых объектов определяли по методу FRAP [9]. Методика основана на способности активных веществ исходного экстракта восстанавливать трехвалентное железо. Реакция исходного спиртового экстракта с FRAP-реагентом (2,4,6-трипиридил-5-триазином) протекает при 37 °С в течение 4 мин. Коэффициент пропускания измеряется при длине волны 593 нм. Определение проводили по калибровочному графику и выражали в ммоль Fe²⁺ / 1 кг исходного сырья (далее – ВС, ммоль Fe²⁺ / 1 кг ИС).

Антиоксидантную активность определяли по методу TEAC (тролокс эквивалентный антиоксидантной активности). Метод основан на измерении обесцвечивания окраски дол-

гоживущего катион радикала голубого цвета при воздействии антиоксиданта. Стабильный раствор ABTS+ получается при воздействии на водный раствор ABTS (2,2-азино-бис(3-этилбензтиазолино-6-сульфоновая кислота) персульфата калия определенной концентрации. Коэффициент пропускания определяется при 734 нм. Результаты выражали относительно тралокса в моль/кг. Антиокислительную активность образцов определяли в системе линолевой кислоты. Методика основана на способности антиоксидантов изучаемого сырья ингибировать процессы окисления линолевой кислоты при условиях, приближенных к состоянию живой клетке. Процесс проводится в модельной системе при температуре 40 °С при pH 7,0 в течение 120 ч, после чего измеряется степень окисления по образованию гидроперекисей, реагирующих с растворами NH₄SCN и FeCl₂ в HCl. Антиоксидантная активность выражается в процентах ингибирования окисления линолевой кислоты (далее – АОА, % инг.) [10].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате исследования физико-химических показателей овощного сырья были получены результаты, представленные в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты исследований физико-химических показателей овощного сырья

Table 1 - Results of studies of physical and chemical parameters of vegetable raw materials

Объекты	Показатели		
	Массовая доля титруемых кислот, %	Массовая доля растворимых сухих веществ, %	Массовая доля редуцирующих сахаров, %
Морковь	0,2	9,2	2,18
Свекла	0,7	8,4	4,39
Руккола	0,3	6,9	2,46

По данным таблицы видно, что растительные продукты различаются по своим физико-химическим показателям в зависимости от вида. Так, например, среди выбранного сырья свекла является самой сладкой (4,39 % редуцирующих сахаров), а самым кислым продуктом является морковь (0,2 %

титруемых кислот в перерасчете на лимонную кислоту). Наибольшее количество растворимых сухих веществ выявлено в моркови – 9,2 %, а наименьшее в рукколе – 6,9 %.

Результаты исследования антиоксидантных показателей овощей сведены в таблицу 2.

Таблица 2 – Результаты исследований антиоксидантных показателей овощей

Table 2 - Results of studies of antioxidant indicators of vegetables

Показатели / Объект	Е _{с50} , мг/см ³	Фл, мг К/100 г ИС	ФВ, мг ГК/100 г ИС	ВС, ммоль Fe ²⁺ /1 кг ИС	АОА, % инг.
Морковь	415	6,012	9,56	18,9	45,8
Свекла	20,6	156	58	6,58	Не обнаружена
Руккола	24,7	246	324	9,24	Не обнаружена

Из таблицы видно, что наибольшую антирадикальную активность из исследуемых образцов проявляет свекла ($E_{c50} = 20,6 \text{ мг/см}^3$), а наименьшую – морковь ($E_{c50} = 415 \text{ мг/см}^3$).

Количество содержащихся флавоноидов и фенолов в рукколе наиболее высокие – 246 К/100 г ИС и 324 ГК/100 г ИС, что позволяет предположить наибольшую антиоксидантную активность, чем в моркови – 6,012 К/100 г ИС и 9,56 ГК/100 г ИС соответственно.

Наиболее высокой восстанавливающей силой среди исследуемого сырья обладает

морковь – 18,9 $\text{Fe}^{2+}/1 \text{ кг ИС}$, а свекла имеет относительно низкие значения – 6,58 $\text{Fe}^{2+}/1 \text{ кг ИС}$, что в 3 раза меньше моркови.

Антиоксидантной активностью обладает лишь один из представленных образцов – морковь (45,8 % инг), в остальных образцах способность к проявлению АОА не была обнаружена.

В процессе работы данные блюда исследованы на оптимальное соотношение белков, жиров и углеводов. Результаты расчета приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Пищевая и энергетическая ценность выбранных блюд

Table 3 - Nutritional and energy value of selected dishes

Наименование блюда	Белки, г	Жиры, г	Углеводы, г	Калорийность, ккал
Куриная грудка с рукколой и сыром рикотта	100 г блюда содержит:			
	25,80	15,90	2,15	235,40
	На 1 порцию:			
	51,60	31,80	4,30	470,80
Бургер на основе протеиновой свекольной котлеты с добавлением сыра рикотта	100 г блюда содержит:			
	21,40	16,70	34,50	300,00
	На 1 порцию:			
	53,50	41,80	86,30	750,00
Крекер протеиновый с морковью и сыром рикотта	100 г блюда содержит:			
	21,00	17,00	35,00	395,00
	На 1 порцию:			
	10,50	8,50	17,50	197,50

Из представленных данных видно, что выбранные блюда содержат большое количество белка и оптимальное содержание углеводов и жиров для питания спортсменов и людей, ведущих активных образ жизни.

ВЫВОДЫ

В ходе проведенной работы были определены физико-химические свойства и антиоксидантная активность растительного сырья. На основе полученных данных можно сделать вывод о том, что используемое растительное сырье является отличным источником антиоксидантов, способных проявлять антирадикальную активность, улучшающую спортивные показатели и ускоряющую восстановление организма. Выбранные блюда на основе растительного сырья способны отвечать особенностям потребностей организма спортсменов в пищевых веществах и энергии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тимофеева А.М., Симакина А.А. Разработка рецептур и технологии кулинарной продукции повышенной пищевой ценности для питания детей школьного возраста // Текст научной статьи по специальности «Прочие технологии». 2019. С. 144.

2. Худяков М.С. Рынок спортивного питания // Экономика и бизнес. 2015. С. 89.

3. Сбитнева Е.А. Роль питания при повышенных физических нагрузках спортсменов // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2019. № 3. С. 15.

4. Яшин А.Я., Черноусова Н.И. Определение содержания природных антиоксидантов в пищевых продуктах и БАДах // Промышленные биотехнологии. 2007. № 2 (28). С. 28.

5. Осинцев А.М. Развитие фундаментального подхода к технологии молочных продуктов // Кемеровский технол. институт пищ. промышл. Кемерово, 2004. 152 с.

6. Майоров А.А., Сурай Н.М., Бузовверов С.Ю. Разработка технологии производства мягкого сыра на основе сгущенной подсырной сыворотки. Москва : Колос. 2012. 213 с.

7. Sun T., Simon P.W., Tanumihardjo S.A. Antioxidant phytochemicals and antioxidant capacity of biofortified carrots (*Daucus carota* L.) of various colors // J. Agr. and Food Chem. 2009. 57. № 10. P. 4142–4147.

8. Phenols, proanthocyanidins, flavones and flavonols in some plant materials and their antioxidant activities / M. Skerget, P. Kotnik, M. Hadolin, A. RiznerHras, M. Simoncic, Z. Knez // Food Chem. 2005. 89. № 2. P. 191–198.

9. Influence of dietary phenolic acids on redox status of iron : ferrous iron autoxidation and ferric iron

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ СПОРТИВНОГО ПИТАНИЯ С ДОБАВЛЕНИЕМ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ И СЫРА РИКОТТА

reduction / K. Chvatalova, I. Slaninova, L. Brezinova, J. Slanina // *Food Chem.* 2008. 106. № 2. P. 650–660.

10. Antioxidative activities of chromatographic fractions obtained from root, fruit and leaf of Mengkudu (*Morindacitrifolia L.*) / Z.M. Zin, A.A. Hamid, A. Osman, N. Saari // *Food Chem.* 2006. 94. № 2. P. 169–178.

Информация об авторах

П. А. Савина – студент кафедры «Технологии и организации общественного питания» Самарского государственного технического университета.

О. С. Войтенко – студент кафедры «Технологии и организации общественного питания» Самарского государственного технического университета.

А. А. Гальченко – студент кафедры «Технологии и организации общественного питания» Самарского государственного технического университета.

И. И. Ахметзянова – студент кафедры «Технологии и организации общественного питания» Самарского государственного технического университета.

К. В. Воршулова – студент кафедры «Технологии и организации общественного питания» Самарского государственного технического университета.

И. А. Кустова – кандидат технических наук, доцент кафедры «Технологии и организации общественного питания» Самарского государственного технического университета.

REFERENCES

1. Timofeeva, A.M. & Simakina, A.A. (2019). Development of recipes and technologies of culinary products of higher nutritional value for the nutrition of school-age children. *Other technologies.* p. 144. (In Russ.).

2. Khudyakov, M.S. (2015). Sports nutrition market. *Economics and Business.* p. 89. (In Russ.).

3. Sbitneva, E.A. (2019). The role of nutrition in increased physical activity of athletes. *International Journal of Humanities and Natural Sciences*, (3), p.15. (In Russ.).

4. Yashin, A.Ya. & Chernousova, N.I. (2007). Determination of the content of natural antioxidants in food and dietary supplements. *Scientific article on the*

specialty "Industrial biotechnologies", 2 (28). p. 28. (In Russ.).

5. Osintsev, A.M. (2004). *The development of a fundamental approach to the technology of dairy products.* Kemerovo Technol. Institute of Food. Prom. Kemerovo. (In Russ.).

6. Mayorov, A.A., Surai, N.M. & Buzoverov, S.Yu. (2012). Development of soft cheese production technology based on condensed cheese whey. Moscow : Kolos. (In Russ.).

7. Sun, T., Simon, P.W. & Tanumihardjo, S.A. (2009). Antioxidant phytochemicals and antioxidant capacity of biofortified carrots (*Daucuscarota L.*) of various colors. *J. Agr. and Food Chem.*, 57(10), 4142–4147.

8. Skerget, M., Kotnik, P., Hadolin, M., Rizner, A., Hras, M., Simonic & Knez, Z. (2005). Phenols, proanthocyanidins, flavones and flavonols in some plant materials and their antioxidant activities. *Food Chem.*, 89(2), 191–198.

9. Chvatalova, K., Slaninova, I., Brezinova, L. & Slanina J. (2008). Influence of dietary phenolic acids on redox status of iron: ferrous iron autoxidation and ferric iron reduction. *Food Chem.*, 106(2), 650–660.

10. Zin, Z.M., Hamid, A.A., Osman, A. & Saari N. (2006). Antioxidative activities of chromatographic fractions obtained from root, fruit and leaf of Mengkudu (*Morindacitrifolia L.*). *Food Chem.*, 94(2), 169–178.

Information about the authors

P. A. Savina - student of the Department of "Technologies and Organization of Public Catering" of Samara State Technical University.

O. S. Voitenko - student of the Department of "Technology and Organization of Public Catering" of Samara State Technical University.

A. A. Galchenko - student of the Department of "Technology and Organization of Public Catering" of Samara.

I. I. Akhmetzyanova - student of the Department of "Technology and Organization of Public Catering" of the Samara State Technical University.

K. V. Vorshulova - student of the Department of "Technology and Organization of Public Catering" of the Samara State Technical University.

I. A. Kustova - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department "Technologies and organizations of public catering" of Samara State Technical University.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 28.03.2022; одобрена после рецензирования 17.04.2022; принята к публикации 17.05.2022.

The article was received by the editorial board on 28 Mar 22; approved after reviewing on 17 Apr 22; accepted for publication on 17 May 22.



Научная статья

05.18.15 – Технология и товароведение пищевых продуктов и функционального и специализированного назначения и общественного питания (технические науки)

УДК 366.64

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.02.006

 EDN: FEZRGJ

АНАЛИЗ КАЧЕСТВА МУЧНЫХ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА РАЗВЕРТЫВАНИЯ ФУНКЦИИ КАЧЕСТВА

Ирина Юрьевна Резниченко¹, Дарья Дмитриевна Агеенко²,
Михаил Сергеевич Щеглов³

^{1, 2, 3} Кемеровский государственный университет, Кемерово, Россия

¹ irina.reznichenko@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-7486-4704>

² daria210301a58@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3718-4259>

³ soonofa@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-5931-3704>

Аннотация. Введение. Представлена демонстрация применения метода QFD в качестве инструмента для выявления приоритетов покупателей и потребительских предпочтений к характеристикам вафель с начинками. Сопоставление потребностей покупателей с характеристиками продукта с помощью разворачивания функции качества предполагает подход к реализации продукта, ориентированного на качественные критерии выбора пользователя и преобразование потребностей покупателей в технические требования. Представлены результаты матрицы дома качества, в которой приведены ранжированные характеристики, отражающие ожидания потребителей, предлагаемые технические характеристики вафель и степень удовлетворенности потребителей вафель при сравнительной оценке продукта разных конкурирующих торговых марок.

Объекты и методы исследования. Объектами исследования при выявлении потребительских критериев выбора являлись образцы вафель с шоколадной начинкой. В качестве метода исследования применяли метод квалитетического анализа – функцию разворачивания качества QFD. Оценку качества вафель проводили по ГОСТ 14031-2014. Органолептические показатели, массу нетто и размер изделий оценивали по ГОСТ 5897-90; определение влаги – по ГОСТ 5900, массовую долю начинки определяли весовым методом, анализ маркировки выполняли на соответствие требованиям ТР ТС 022/2011 «Пищевая продукция в части ее маркировки»; анализ упаковки – по ТР ТС 005/2011 «О безопасности упаковки».

Результаты и их обсуждение. Выявлены критерии, отражающие пожелания потребителей, выполнено ранжирование критериев по степени важности, проведено преобразование пожеланий потребителей в требования к качеству продукта.

Выводы и рекомендации. Интеграция полученных данных позволит комплексно решать задачи повышения конкурентоспособности одноименной продукции. Полученная матрица позволяет подойти к оценке каждой характеристики продукта с точки зрения ее важности для потребителя, а также с точки зрения технической возможности ее реализации. Выделен показатель «массовая доля начинки», рекомендуемый как нормируемый показатель качества для мучных кондитерских изделий с начинками.

Ключевые слова: функция разворачивания качества, матрица потребительских предпочтений, вафли с начинками, ожидания потребителей, технические характеристики.

Для цитирования: Резниченко, И. Ю., Агеенко, Д. Д., Щеглов, М. С. Анализ качества мучных кондитерских изделий с использованием метода разворачивания функции качества // Ползуновский вестник. 2022. № 2. С. 42–50. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.02.006. EDN: <https://elibrary.ru/fezrgj>.

Original article

QUALITY ANALYSIS OF FLOUR CONFECTIONERY PRODUCTS USING THE QUALITY FUNCTION DEVELOPMENT METHOD

Irina Yu. Reznichenko ¹, Daria D. Ageenko 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 daria210301a58@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3718-4259>

³ soonofa@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-5931-3704>

Abstract. A demonstration of the application of the QFD method as a tool for identifying customer priorities and consumer preferences for the characteristics of wafers with fillings is presented. Matching customer needs with product characteristics by deploying a quality function suggests a product implementation approach focused on user quality criteria and converting customer needs into technical requirements. The results of the House of Quality Matrix are presented, which shows ranked characteristics that reflect consumer expectations, the proposed technical characteristics of wafers and the degree of satisfaction of wafer consumers in a comparative assessment of the product of different competing brands.

Objects and methods of research. The objects of the study in identifying consumer selection criteria were samples of wafers with chocolate filling. As a research method, the method of qualimetric analysis was used - the QFD quality deployment function. Wafer quality was assessed according to GOST 14031-2014. Organoleptic indicators, net weight and size of products were evaluated according to GOST 5897-90; determination of moisture - according to GOST 5900, the mass fraction of the filling was determined by the weight method, the analysis of the labeling was performed for compliance with the requirements of TR TS 022/2011 "Food products in terms of their labeling"; packaging analysis - according to TR CU 005/2011 "On the safety of packaging".

Results and its discussion. The criteria reflecting the wishes of consumers were identified, the criteria were ranked according to the degree of importance, the wishes of consumers were converted into requirements for product quality.

Conclusions and recommendations. The integration of the obtained data will make it possible to comprehensively solve the problems of increasing the competitiveness of products of the same name. The resulting matrix allows us to approach the assessment of each product characteristic in terms of its importance for the consumer, as well as in terms of the technical feasibility of its implementation. The indicator "mass fraction of the filling", recommended as a normalized quality indicator for flour confectionery products with fillings, is highlighted.

Keywords: quality deployment function, consumer preferences matrix, wafers with fillings, consumer expectations, technical characteristics.

For citation: Reznichenko, I. Yu., Ageenko, D. D. & Shcheglov, M. S. (2022). Analysis of the quality of flour confectionery products using the method of expansion of the quality function. *Polzunovskiy vestnik*, (2), 42-50. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.02.006.

ВВЕДЕНИЕ

Мучные кондитерские изделия занимают определенное место в рационе благодаря своим вкусовым качествам и разнообразному ассортименту.

Среди многообразия видов мучных кондитерских изделий вафли выделяются как изделия, отличающиеся технологией изготовления и сырьевым составом. Ассортимент вафель включает вафли разнообразной формы (трубочка, конус, рулет, листовые, *POLZUNOVSKIY VESTNIK № 2 2022*

многослойные), с начинкой и без нее, глазированные, частично глазированные и неглазированные, с отделкой поверхности и без отделки [1]. За счет разнообразной начинки (жировые, пралине, помадные, фруктовые) и собственных вкусоароматических характеристик вафли удовлетворяют разнообразный потребительский спрос [2].

Пищевая ценность вафель характеризуется наличием углеводов (от 50 до 65 г/100 г), жиров (25–35 г/100 г), незначительным количеством белков (от 5 до 6,5 г/100 г), как пра-

вило, отсутствием биологически ценных компонентов [3]. Для увеличения биологической ценности вафель предлагаются варианты рецептур с включением нетрадиционных видов муки, отличающихся повышенным содержанием белков, витаминов, минеральных соединений, пищевых волокон, с оптимизацией состава начинок [3–7].

При разработке рецептур и формировании качественных характеристик продукта разработчики опираются на совместимость рецептурных компонентов, сбалансированность пищевой ценности, современные требования нутрициологии и регламентируемые показатели качества, а также на потребительские критерии выбора продукта.

Сотрудничество с пользователями признано решающим фактором в успешной разработке продукта [8]. Мнение потребителей, как внешний ресурс, дает возможность получить ценную информацию, знания и возможности достичь цели по улучшению качества продукции и удовлетворенности рынка на данном продовольственном сегменте [9].

Метод развертывания функции качества QFD дает возможность выявить потребности и ожидания потребителей посредством оценки характеристик продукта. Идея метода заключается в том, что существует различие между потребительскими характеристиками (первичными показателями качества) и параметрами продукции, заданными стандартами и техническими требованиями (вторичными показателями качества) [10].

Цель исследования – преобразование пожеланий потребителей в требования к качеству вафель путем применения метода QFD в качестве инструмента для выявления потребительских предпочтений и разработке рекомендаций по расширению технических характеристик продукта.

Для достижения цели решали следующие задачи:

- определить требования потребителей;
- ранжировать требования потребителей по важности с использованием 5-балльной шкалы;
- сформировать перечень технических характеристик продукции, влияющих на выполнение требований потребителей;

- заполнить матрицу взаимодействия технических характеристик и требований потребителей;

- определить технические характеристики, выполнение которых положительно скажется на удовлетворении потребностей потребителей.

МЕТОДЫ

В качестве объектов исследования выбраны наиболее известные и предпочитаемые торговые марки вафель с начинкой, представленные ритейлом г. Кемерово. Характеристика образцов приведена в таблице 1.

В качестве метода исследования применяли метод развертывания функции качества QFD [11]. Данный инструмент позволяет преобразовать требования потребителя в характеристики продукта и в итоге в нормируемые требования.

Оценку качества вафель проводили по ГОСТ 14031-2014. Органолептические показатели, массу единичного изделия и размер вафель оценивали по ГОСТ 5897; предел допускаемых отрицательных отклонений массы нетто – по ГОСТ 8.579-2019; определение влаги проводили по ГОСТ 5900; определение массовой доли начинки проводили весовым методом (определяли массу 3-х единичных изделий, отделяли начинку и определяли ее массу, потом определяли долю начинки в процентах к массе изделий); анализ маркировки проводили на соответствие требованиям ТР ТС 022/2011 «Пищевая продукция в части ее маркировки»; анализ упаковки – по ТР ТС 005/2011 «О безопасности упаковки». Для построения матрицы потребительских предпочтений анализировали мнение потребителей о характеристиках вафель. Важность каждого критерия выбора товара потребители оценивали по 5-балльной шкале, в которой 5 баллов – наивысшая оценка. В балльной оценке качества образцов принимали участие 15 независимых потребителей вафель. После обработки полученных данных выделили критерии конкурентных преимуществ и перевели их в технические характеристики вафель.

**АНАЛИЗ КАЧЕСТВА МУЧНЫХ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
МЕТОДА РАЗВЕРТЫВАНИЯ ФУНКЦИИ КАЧЕСТВА**

Таблица 1 – Характеристика объектов исследования

Table 1 - Characteristics of research objects

Объект исследования (торговое название) / Изготовитель	Состав	Масса, г
№ 1 Вафли «Коровка» с шоколадной начинкой ОАО «РОТ ФРОНТ», Россия	Вода питьевая, мука пшеничная хлебопекарная в/с, сахар, растительные масла, какао тертое, сухая молочная сыворотка, жир кондитерский (растительные масла, антиокислители: токоферолы, концентрат смеси лимонная кислота), сухое цельное молоко, меланж сухой яичный, эмульгатор лецитин соевый, соль, ароматизаторы: «Молоко», «Шоколад молочный», разрыхлитель-гидрокарбонат натрия, комплексная пищевая добавка (антиокислители: аскорбиновая кислота, альфа-Токоферол), регулятор кислотности – аскорбиновая кислота	140
№ 2 Вафли «Каприччио» ЗАО БКК «Коломенский», Россия	Сахар белый, мука общего назначения М55-23, жир кондитерский (рафинированное дезодорированное растительное масло в натуральном модифицированном виде (пальмовое), эмульгатор соевый лецитин, антиокислитель концентрат смеси токоферолов), какао-порошок, шоколад темный (сахар белый, какао тертое, масло какао, эмульгатор соевый лецитин, эмульгатор Е476, ароматизатор «Ванилин»), эмульгатор соевый лецитин, соль, разрыхлитель – гидрокарбонат натрия (сода пищевая), ароматизатор	220
№ 3 Вафли «Нежные мини-вафли со вкусом шоколадных сливок» ООО «ПК «ТОРЕРО», Россия	Мука пшеничная общего назначения, вода питьевая, жир кондитерский (рафинированное дезодорированное растительное масло в натуральном и модифицированном виде, эмульгатор лецитин соевый), сахар, молоко содержащий сухой продукт (сыворотка молочная, молоко обезжиренное), сливки сухие, красители (Е150d, коричневый НТ), ароматизаторы, соль, масло подсолнечное рафинированное дезодорированное, разрыхлитель гидрокарбонат натрия, эмульгатор лецитин соевый	125
№ 4 Вафли шоколадно-ореховые ООО «КДВ Яшино», Россия	Мука пшеничная в/с, сахар, масло растительное, арахис жареный тертый, сыворотка молочная сухая, какао-порошок, вода питьевая, крахмал кукурузный, эмульгатор лецитин соевый, соль, продукты яичные, ядро фундука жареное тертое, разрыхлитель гидрокарбонат натрия, ароматизатор, антиокислитель Е 306	300

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

С расширением ассортимента продукции индивидуальные требования потребителей продолжают расти. Отмечено, что быстрое реагирование на потребности покупателей является ключом к победе в рыночной конкуренции [12, 13]. Перед производителями и разработчиками стоит сложная задача выпуска продукции, отвечающей потребностям потребителей. Однако потребители не являются профессионалами в оценке нормируемых показателей качества и безопасности продукта, но могут выделить критерии, важные для

себя при выборе товара [13]. Для учета всех характеристик продукта используют методы научного анализа для преобразования требований покупателей в критерии продукта.

В традиционной QFD методологии субъективность оценок потребителей обычно игнорируется, поскольку переменные, характеризующие критерии выбора, являются четкими значениями [14]. Для применения данной методологии нечеткие значения перевели в балльные показатели, т. е. числовые значения, которые заносили в матрицу структурированных требований.

Выявление требований потребителей

проводили в несколько этапов, определяя важность критериев оценки товара.

На первом этапе участники испытаний оценили качество упаковки с точки зрения ее чистоты, целостности и красочности (привлекательности), объема, удобство потребления продукта. Отмечено, что упаковка всех образцов изготовлена из полимерных материалов, представляет собой пакет, запаянный с трех сторон, упаковка чистая, целая, красочная.

Маркировку оценивали с точки зрения доступности и достаточности информации об основополагающих характеристиках продукта.

Анализ маркировки по показателям доступность оценивали с точки зрения читабельности и контрастности маркировки, т. к. это основополагающие критерии выбора товара потребителем [15].

При оценке маркировки образцов выявили, что на всех образцах указаны основные сведения о товаре, важные для потребителя: масса, состав, срок годности, дата изготовления, наличие ГМО.

При изучении информации, вынесенной на этикетку, отмечено, что только на образце № 2 указан вид растительного масла – пальмовое. Необходимо сказать, что не все потребители положительно относятся к наличию в составе пальмового масла, очевидно негативное отношение формируется благодаря информации СМИ, поэтому не все производители указывают его в составе, а просто ограничиваются информацией о наличии растительных масел.

Анализируя доступность маркировки для прочтения, как важный критерий конкурентоспособности товара [16, 17], можно отметить, что у образца № 3 информация нанесена белым цветом на синем фоне и мелким нечитабельным шрифтом. Текст, вынесенный на этикетку образца № 4, нанесен мелким шрифтом, недоступным для прочтения, часть информации скрыта под шов упаковки и тоже недоступна для прочтения. У образцов № 1, 2 информация доступна для прочтения.

Анализ массы нетто показал, что при нормируемых пределах отрицательных допустимых отклонений 4,5 г (для массы упаковки от 50 до 100 г включ.), 4,5 % (для массы упаковки от 100 до 200 г включ.) и 9 г (для массы упаковки от 200 до 300 г включ.), все образцы соответствовали заявленной массе.

На следующем этапе участники оценивали органолептические показатели образцов вафель.

В первую очередь оценивали размер

вафель, как эргономический критерий. Более удобным для употребления размером изделия для большинства потребителей оказался размер образца № 3, как отметили потребители, «на один укус». Размеры исследуемых образцов вафель приведены в таблице 2. Также отмечены недостатки в состоянии поверхности и форме образца № 3. Поверхность характеризовалась наличием сколов, трещин, а форма – с поврежденными углами. У остальных образцов состояние поверхности и форма соответствовали нормируемым требованиям.

Установлено, что в упаковке образца № 1 количество вафель с поврежденными краями и трещинами составляет 12,5 %, у образца № 2 – 33,3 %, у образца № 3 – 72 %, у образца № 4 – 6,5 %. При этом требованиями ГОСТ 14031 предусмотрено не более 7 %.

Несоответствие данного показателя снижает общее впечатление о внешнем виде и качестве изделия.

При определении вкуса и запаха образцов установлено, что образец № 2 имел слабовыраженные, но свойственные вкус и запах, остальные образцы имели хорошо выраженные вкус и запах.

Цвет вафель у всех образцов равномерный, общий тон окраски в упаковочной единице одинаковый. При оценке строения в изломе выявлено, что образцы № 1–3 имели 5 слоёв, образец № 4 – 7 слоёв, вафли плотно соприкасаются с начинкой, начинка распределена равномерно и не выступает за края изделия. У образцов № 1 и 3 при сжатии и раскусывании начинка выступает за края изделия.

Выявлено, что качество начинки, оцениваемое потребителями по цвету, вкусу, запаху, консистенции и количеству, имеет значение при выборе вафель. Потребителями отмечен однородный цвет начинки; свойственные вкус и запах; однородная, плотная, без крупинки, легко тающая во рту консистенция, без кристаллов сахарной пудры.

Одним из критериев, не нормируемых требованиями ГОСТ, потребители выделили количество начинки, которое было переведено в показатель «массовая доля начинки» (рисунок 1).

Установлено, что массовая доля начинки варьирует в среднем от 40 до 60 %, что является довольно широким пределом. Как правило, начинка изготавливается из более дорогого сырья и характеризует ассортиментную принадлежность вафель (жировые, фруктовые, ореховые и т. д.). Цена вафель формируется с учетом вида начинки, в связи

АНАЛИЗ КАЧЕСТВА МУЧНЫХ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА РАЗВЕРТЫВАНИЯ ФУНКЦИИ КАЧЕСТВА

с чем, на наш взгляд, массовая доля начинки может иметь нормированное значение, например, не менее 55 %.

На втором этапе требования потребителей ранжировали по важности и занесли данные в матрицу. Необходимо отметить, что для исследуемых объектов выбрали требования, имеющие отношение именно к вафлям.

Выявили, что наиболее важными критериями выбора для потребителей являются вкус и запах вафель, вкус и запах начинки, массовая доля начинки, цена.

Сформировали перечень технических характеристик продукции и заполнили матрицу взаимодействия технических характеристик и требований потребителей.

Ожидания потребителей	Важность для потребителя	Технические характеристики					Оценка потребителя			
		Массовая доля влаги, %	Размер, мм	Масса НЕТТО, г	Количество слоев, шт	Массовая доля начинки, %	1	2	3	4
Вкус и запах вафли	5	○							▬	
Поверхность	4	●						▬		
Форма	4	◓	●		●			▬		▬
Цвет	4									▬
Строение в изломе	3	●			●	○		▬		▬
Вкус и запах начинки	5								▬	▬
Цвет начинки	4								▬	▬
Консистенция начинки	4									▬
Содержание начинки	5	○		◓		●			▬	▬
Цена	5		◓	○	○	●			▬	▬
Образец 1										
Образец 2										
Образец 3										
Образец 4										
Сильная связь		●								
Средняя связь		○								
Слабая связь		◓								

Рисунок 1 – Матрица потребительских предпочтений

Figure 1 - Consumer preference matrix

Определена степень взаимосвязи между требованиями потребителей и техническими характеристиками. Установлена сильная зависимость поверхности и строения в изломе от массовой доли влаги. С повышением массовой доли влаги, например, при нарушении технологии производства или режимов и условий хранения вафель, вафельные листы увлажняются (теряется характерный хруст вафельных листов), происходит их расслаивание, деформация, наблюдается неплотное прилегание листов к начинке, что негативно сказывается на качестве изделия. Также выявлена сильная зависимость строения в изломе от количества слоев; формы от количе-

ства слоев и размера; содержание начинки и цены от массовой доли начинки. Увеличение количества слоев приводит к увеличению количества начинки, к изменению размера изделия.

Выявлена слабая зависимость содержания начинки и массы нетто изделия; цены и размера вафель; формы и массовой доли влаги.

Учитывая, что массовая доля начинки влияет на формирование качественных характеристик вафель, данный показатель рекомендуется ввести в технические характеристики.

Таблица 2 – Характеристика физико-химических показателей качества образцов вафель

Table 2 - Characterization of physical and chemical indicators of the quality of wafer samples

Наименование показателя	Значение показателя по ГОСТ 14031-2014	Характеристика образцов			
		Образец 1	Образец 2	Образец 3	Образец 4
Массовая доля влаги, %, не более	8,4	6,3±0,1	7,1±0,1	7,3±0,1	7,2±0,1
Размер, мм (длина, ширина), не более	Длина 300 Ширина – не нормируется	55 40	89 33	25 25	80 20
Отклонение от заявленной массы нетто, г	4,5г (для массы упаковки от 50 до 100г), 4,5% (для массы упаковки от 100 до 200г), 9 г (для массы упаковки от 200 до 300г)	4,27	– 0,26	– 5	– 0,45
Масса доля начинки, %	Не нормируется	63 %	59 %	41 %	62 %

ВЫВОДЫ

Таким образом, в результате проведенных исследований определены требования потребителей к критериям выбора вафель, ранжирование критериев выбора по важности позволило выделить наиболее из них значимые. Показано, что сильная связь характерна для взаимодействия таких критериев выбора и технических характеристик, как форма, которая связана с размером и количеством слоев в изделии; строение в изломе, которое связано с количеством слоев в изделии. Количество слоев в изделии влияет на содержание начинки, которое отражено показателем «массовая доля начинки». Сильная взаимосвязь также установлена между критериями выбора содержание начинки, цена изделия – от массовой доли начинки. Требования потребителей перевели в технические характеристики продукции, дополнительной характеристикой выделен показатель «массовая доля начинки». Очевидно, что для других мучных кондитерских изделий с начинками данный показатель также будет важен при выборе товара. В качестве рекомендаций производителям можно отметить, что внесение в технические требования данного показателя позволит контролировать массовую долю начинки и удовлетворить требования покупателей в отношении продукции.

Результаты исследований вносят вклад в теоретическую и практическую дискуссию о роли потребителя в условиях меняющегося

спроса и более осознанного поведения покупателей при выборе товара.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 14031-2014. Вафли. Общие технические условия : введ. 2015-01-01. Москва, 2015. 10 с.
2. Чистяков А.М., Устинова Ю.В., Рубан Н.Ю. Обоснование разработки обогащенных мучных кондитерских изделий // Пищевая промышленность. 2019. № 5. С. 56–59.
3. Абдукаева Л.З., Решетник О.А. Влияние нетрадиционных видов муки на формирование потребительских свойств вафель // Современная наука и инновации. 2019. № 1 (25). С. 100–108.
4. Тарасенко Н.А., Никонович Ю.Н., Схашок Р.З., Баранова З.А. Разработка нового вида жирового компонента для мучных кондитерских изделий // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2017. № 5–6 (359–360). С. 71–73.
5. Савенкова Т.В., Солдатова Е.А., Щербакова Н.А. Физико-химические основы управления структурообразованием жировых начинок для вафель с использованием порошкообразных продуктов переработки семян масличных культур // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2017. № 6. С. 60–63.
6. Резниченко И.Ю., Иванец Г.Е., Алешина Ю.А. Обоснование рецептуры и товароведная оценка вафель специализированного назначения // Техника и технология пищевых производств. 2013. № 1 (28). С. 138А–142.
7. Ермош Л.Г., Фадеев К.А., Присухина Н.В. Разработка рецептурных композиций с высоким содержанием пищевых волокон на основе ягодного сырья // Ползуновский вестник. 2021. № 4. С. 20–26.

АНАЛИЗ КАЧЕСТВА МУЧНЫХ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА РАЗВЕРТЫВАНИЯ ФУНКЦИИ КАЧЕСТВА

8. Zhang X. User selection for collaboration in product development based on QFD and DEA approach // *Journal of Intelligent Manufacturing*. 2019. Т. 30. № 5. С. 2231–2243.

9. Abdel-Basset M., Mohamed R., Zaied, A.E.N.H., Smarandache F. A hybrid plithogenic decision-making approach with quality function deployment for selecting supply chain sustainability metrics // *Symmetry*. 2019. Т. 11. № 7. С. 903.

10. Aydarov D., Klochkov Y., Ushanova N., Frolova E., Ostapenko M. Developing plans for QFD-based quality enhancement // *System Performance and Management Analytics*. Springer, Singapore, 2019. С. 241–249.

11. ГОСТ Р ИСО 13053-2015 Статистические методы. Количественные методы улучшения процессов «шесть сигм». Часть 2. Методы : введ. 2016- 02-07. Москва. 2020. 32 с.

12. Xinhui Kang, Minggang Yang, Yixiang Wu, Bingqing Ni. Integrating Evaluation Grid Method and Fuzzy Quality Function Deployment to New Product Development, Mathematical Problems in Engineering. vol. 2018. Article ID 2451470. – 15 pages. 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/2451470>.

13. Busse M., Siebert R. The role of consumers in food innovation processes // *European Journal of Innovation Management*. 2018. Vol. 21. № 1. P. 20–43. <https://doi.org/10.1108/EJIM-03-2017-0023>.

14. Yang Qin, Ye Zhaofa, Li Xuzheng, Zhang Zufang, Chang Weijie, Ruan Sheng. Product Module Attribute Parameter Configuration Model considering Customer Requirements Preferences, Mathematical Problems in Engineering. vol. 2021. Article ID 6632057. 10 pages. 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/6632057>.

15. Quality management of the enriched flour confectionery with application of the qualimetric analysis / I.Yu. Reznichenko, A.M. Chistyakov, Yu.V. Ustinova, N.Yu. Ruban // *IOP Conference Series : Earth and Environmental Science*. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. 2019. С. 22006.

16. Резниченко И.Ю., Тихонова О.Ю., Сельская, И.Л. Правильная этикетка – залог успешных продаж // *Пищевая промышленность*. 2019. № 7. С. 19–24.

17. Тихонова О.Ю., Резниченко И.Ю. Оценка качества и конкурентоспособности маркировки пищевой продукции. Термины и определения // *Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов*. 2016. № 5 (40). С. 81–85.

18. Тихонова О.Ю., Резниченко И.Ю., Сулова С.С. Контрастность маркировки пищевых продуктов // *Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов*. 2018. № 4 (51). С. 62–66.

Информация об авторах

И. Ю. Резниченко – доктор технических наук, профессор, заведующая кафедрой «Управление качеством» ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет».

Д. Д. Агеенко – студентка кафедры «Управление качеством» ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет».

М. С. Щеглов – аспирант кафедры «Управление качеством» ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет».

REFERENCES

1. Wafers. General specifications: input. 10. (2015). *HOST 14031-2014 from 1 Jan. 2015*. (In Russ.).

2. Chistyakov, A.M., Ustinova, Yu.V. & Ruban, N.Yu. (2019). Rationale for the development of enriched flour confectionery. *Food industry*. 5. 56-59. (In Russ.).

3. Abdukaeva, L.Z., Reshetnik, O.A. (2019). Influence of non-traditional types of flour on the formation of consumer properties of wafers. *Modern science and innovations*. 1(25). 100-108. (In Russ.).

4. Tarasenko, N.A., Nikonovich, Yu.N., Skhashok, R.Z., Baranova, Z.A. (2017). Development of a new type of fat component for flour confectionery. *News of higher educational institutions. Food technology*. 5-6 (359-360). 71-73. (In Russ.).

5. Savenkova, T.V., Soldatova, E.A., Shcherbakova, N.A. (2017). Physico-chemical bases for managing the structure formation of fatty fillings for wafers using powdered products of oilseed processing. *Bulletin of Russian Agricultural Science*. 6. 60-63. (In Russ.).

6. Reznichenko, I.Yu., Ivanets, G.E., Aleshina, Yu.A. (2013). Substantiation of the recipe and commodity evaluation of wafers for specialized purposes. *Technique and technology of food production*. 1(28). 138A-142. (In Russ.).

7. Ermosh, L.G., Fadeev, K.A., Prisukhina, N.V. (2021). Development of prescription compositions with a high content of dietary fiber based on berry and vegetable raw materials. *Polzunovskiy Vestnik*. 4. 20-26. (In Russ.).

8. Zhang, X. (2019). User selection for collaboration in product development based on QFD and DEA approach. *Journal of Intelligent Manufacturing*. 5. 2231-2243.

9. Abdel-Basset M. Mohamed, R., Zaied, A.E.N.H., & Smarandache, F. (2019). A hybrid plithogenic decision-making approach with quality function deployment for selecting supply chain sustainability metrics. *Symmetry*. 7. 903.

10. Aydarov, D., Klochkov, Y., Ushanova, N., Frolova, E., Ostapenko, M. (2019). *Developing plans for QFD-based quality enhancement. System Performance and Management Analytics*. Springer, Singapore. 241-249.

11. Statistical methods. Quantitative Methods for Improving Six Sigma Processes. Part 2. Methods: introduction. (2016). *HOST R ISO 13053-2015 from 1 Jan. 2016*. (In Russ.).

12. Xinhui, Kang, Minggang, Yang, Yixiang, Wu, Bingqing, Ni. (2018). Integrating Evaluation Grid Method and Fuzzy Quality Function Deployment to New Product Development, Mathematical Problems in Engineering. Article ID 2451470, 15. <https://doi.org/10.1155/2018/2451470>.

13. Busse, M., Siebert, R. (2018). The role of consumers in food innovation processes. *European Journal of Innovation Management*. 20-43. <https://doi.org/10.1108/EJIM-03-2017-0023>.

14. Yang, Qin, Ye, Zhaofa, Li, Xuzheng, Zhang, Zufang, Chang, Weijie, Ruan, Sheng. (2021). Product Module Attribute Parameter Configuration Model considering Customer Requirements Preferences. *Mathematical Problems in Engineering*, Article ID 6632057, 10. <https://doi.org/10.1155/2021/6632057>.

15. 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. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering. 22006.

16. Reznichenko, I.Yu., Tikhonova, O.Yu., Sel'skaya, I.L. (2019). The right label is the key to successful sales. *Food industry*. 7. 19-24. (in Russ.).

17. Tihonova, O.Yu., Reznichenko, I.Yu. (2016).

Assessment of the quality and competitiveness of food labeling. Terms and Definitions. *Technology and commodity science of innovative food products*, 5(40), 81-85. (In Russ.).

18. Tihonova, O.Yu., Reznichenko, I.Yu., Suslova, S.S. (2018). Contrast of food labeling. *Technology and commodity science of innovative food products*, 4(51), 62-66. (In Russ.).

Information about the authors

I. Yu. Reznichenko - Dr. Sci. (Eng.), Professor, Head of the Department of Quality Management Kemerovo State University.

D. D. Ageenko - is a student of the Department of Quality Management, Kemerovo State University.

M. S. Shcheglov - postgraduate student of the Department of Quality Management, Kemerovo State University.

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

Статья поступила в редакцию 28.03.2022; одобрена после рецензирования 17.04.2022; принята к публикации 17.05.2022.

The article was received by the editorial board on 28 Mar 22; approved after reviewing on 17 Apr 22; accepted for publication on 17 May 22.



Научная 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.2072-8921.2022.02.007



ВЛИЯНИЕ ВЛАГОУДЕРЖИВАЮЩИХ АГЕНТОВ НА ПОТРЕБИТЕЛЬСКИЕ СВОЙСТВА И СРОК ГОДНОСТИ ПРЯНИКОВ

Светлана Ивановна Конева

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, Барнаул, Россия
skoneva22@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6727-5979>

Аннотация. Показана целесообразность использования пищевых добавок, имеющих в составе влагоудерживающие агенты, для сохранения потребительских достоинств сырцовых пряников и продления сроков их годности. Установлено, что массовая доля влаги при хранении снижалась у всех образцов, однако скорость снижения массовой доли влаги у образца без внесения влагоудерживающих добавок была значительно выше и на 60 сутки хранения снизилась на 20,3 %, в то время как внесение влагоудерживающих добавок сократило снижение массовой доли влаги до 5,9–9,4 %. Анализ потребительских достоинств пряников через 30 суток хранения не выявил ухудшения органолептических показателей, но через 40 суток хранения потребительские характеристики контрольного образца значительно снизились, пряник стал сухим и твердым. В конце сроков хранения пряников гидрофильные свойства мякиша контрольного образца снизились на 24,0 %, в то время как у образцов с добавлением улучшителя «Панифреш», улучшителя «Сюрприз Плюс», комплексной пищевой добавки ТК-12 и глицерина снизились на 13,8 %, 9,0 %, 10,0 % и 10,3 % соответственно. Установлено, что использование влагоудерживающих агентов в рецептуре сырцовых пряников, активно связывающих свободную влагу, замедляет процесс ретроградации крахмала, повышает гидрофильные свойства мякиша пряника, сохраняет мягкую консистенцию изделий в процессе хранения, что позволяет повысить срок их годности без потери потребительских достоинств.

Ключевые слова: сырцовые пряники, гидрофильность мякиша, миграция влаги, влагоудерживающие агенты, срок годности.

Для цитирования: Конева, С. И. Влияние влагоудерживающих агентов на потребительские свойства и срок годности пряников // Ползуновский вестник. 2022. № 2. С. 51–56. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.02.007. EDN: <https://elibrary.ru/dtvetu>.

Original article

EFFECT OF MOISTURE-RETAINING AGENTS ON CONSUMER PROPERTIES AND SHELF LIFE OF GINGERBREAD

Svetlana I. Koneva

Polzunov Altai State Technical University, Barnaul, Russia
skoneva22@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6727-5979>

Abstract. *The expediency of using food additives containing moisture-retaining agents to preserve the consumer advantages of raw gingerbread and prolong their shelf life is shown. It was found that the mass fraction of moisture during storage decreased in all samples, however, the rate of decrease in the mass fraction of moisture in the sample without the introduction of moisture-retaining additives was significantly higher and decreased by 20.3% on the 60th day of storage, while the introduction of moisture-retaining additives reduced the decrease in the mass fraction of moisture to 5.9-9.4 %. The analysis of the consumer advantages of gingerbread after 30 days of storage did not reveal a deterioration in organoleptic indicators, but after 40 days of storage, the consumer characteristics of the control sample significantly decreased, the gingerbread became dry and hard. At the end of the gingerbread shelf life, the hydrophilic properties of the crumb of the control sample decreased by 24.0 %, while the samples with the addition of the improver "Panifresh", improver "Surprise Plus", complex food additive TK-12 and glycerin decreased by 8.8 %, 9.4 %, 6.0 % and 7.8 %, respectively. It has been established that the use of moisture-retaining agents in the formulation of raw gingerbread, which actively bind free moisture, slows down the process of starch retrogradation, increases the hydrophilic properties of the gingerbread crumb, preserves the soft consistency of products during storage, which allows to increase their shelf life without loss of consumer goods.*

Keywords: *raw gingerbread, crumb hydrophilicity, moisture absorption, moisture-retaining agents, shelf life.*

For citation: Koneva, S. I. (2022). Effect of moisture-retaining agents on consumer properties and shelf life of gingerbread. *Polzunovskiy vestnik*, (2), 51-56. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.02.007.

ВВЕДЕНИЕ

Заслуженно большую нишу в группе мучных кондитерских изделий, потребляемых в Российской Федерации, занимают пряники – мучные кондитерские изделия, в состав которых входит большое количество сдобящих веществ и пряностей. Отечественной промышленностью выпускаются пряники сырцовые, заварные, с начинкой и без начинки. Поверхность выпеченных пряников глазируется сахарной глазурью, и такая технологическая операция необходима не только для улучшения внешнего вида и вкусовых характеристик изделий, но и для продления срока годности пряников, поскольку они относятся к кондитерским изделиям с промежуточной влажностью (10–20 %) и подвержены черствению при хранении [1]. Пряники, особенно заварные, имеют достаточный срок годности, а вот сырцовые, несмотря на плотный сахарный слой на поверхности, быстро черствеют и

теряют потребительские достоинства. Для производства пряников сырцовый способ тестоприготовления является более простым и рентабельным. Оптимизация рецептурного состава путем сочетания традиционного сырья и технологических добавок, регулирование параметров приготовления теста и выпечки пряников позволяет улучшить потребительские свойства изделий и замедлить окислительные и гидролитические процессы, происходящие при хранении пряников, что обосновывает актуальность исследований многофакторного влияния перечисленных показателей для продления сроков годности пряников [2, 3].

К факторам, влияющим на процессы черствения пряников, относятся рецептурный состав, влажность изделий, а также условия хранения: температура и относительная влажность воздуха окружающей среды [4, 5].

Основная причина снижения качественных характеристик сырцовых пряников объ-

ВЛИЯНИЕ ВЛАГОУДЕРЖИВАЮЩИХ АГЕНТОВ НА ПОТРЕБИТЕЛЬСКИЕ СВОЙСТВА И СРОК ГОДНОСТИ ПРЯНИКОВ

ясняется сложными биохимическими и коллоидными процессами, вызывающими усыхание и старение белковых веществ и крахмала, что обусловлено миграцией и потерей влаги изделиями при хранении, а также перекристаллизацией сахарозы [6, 7].

К распространенным способам замедления процесса черствения пряников можно отнести:

- оптимизацию рецептурного состава путем введения ингредиентов с функционально-технологическими свойствами, замедляющими ретроградацию крахмала за счет прочного связывания влаги в тесте. Более прочное связывание влаги достигается за счет введения в рецептуру пряничного теста фруктовых и овощных добавок, продуктов гидролиза крахмала, солодовых препаратов, ржаной муки и отрубей, белоксодержащего сырья, никозтерифицированных пектинов [8];

- введение в рецептуру улучшителей и стабилизаторов качества: влагоудерживающих агентов, веществ, которые контролируют активность воды и процесс миграции влаги в изделиях, тем самым предотвращают нежелательные изменения структуры мякиша пряников и защищают их от высыхания [9];

- регулирование параметров процесса приготовления путем применения технологических приемов, таких как изменение условий замеса, снижение температуры пекарной камеры и удлинение продолжительности выпечки, что способствует сокращению потерь свободной влаги в готовых изделиях и тормозит ретроградацию высокомолекулярных соединений [10];

- использование рациональных режимов хранения и упаковки изделий, применение пленочных материалов с барьерными свойствами, упаковка изделий в газовую среду [11].

Перечисленные способы способствуют сохранению свежести изделий, но большинство из них связаны с большими материальными затратами и трудоемкой.

На наш взгляд, наиболее эффективным способом замедления черствения сырцовых пряников является введение в рецептуру специальных технологических добавок – влагоудерживающих агентов, сохраняющих текстуру и структуру мякиша пряника, ограничивающих способность к синерезису гидроколлоидов муки.

Влагоудерживающие агенты благодаря свойству гигроскопичности активно связывают свободную воду, снижают подвижность молекул воды и ее внутреннюю миграцию, предотвращая или существенно снижая испарение влаги в атмосферу.

Целью представленной работы являлось определение влияния влагоудерживающих добавок на потребительские свойства сырцовых пряников и срок их годности. Для достижения поставленной цели было исследовано влияние выбранных влагоудерживающих добавок на изменение физико-химических показателей пряников при хранении.

МЕТОДЫ И ОБЪЕКТЫ

В качестве объектов исследования использовали сырцовые пряники, приготовленные из смеси муки ржаной обдирной, муки пшеничной 1 сорта и пшеничных отрубей (соотношение 45:40:15). По ранее проведенным исследованиям были получены результаты, подтверждающие положительное влияние замены части муки пшеничной на муку ржаную и пшеничные отруби на качество сырцовых пряников [12]. В качестве стабилизирующих и влагоудерживающих добавок в рецептуру сырцовых пряников вводили улучшитель «Панифреш» («IREKS»), улучшитель «Сюрприз Плюс» (ООО «Нива»), комплексную пищевую добавку ТК-12 («Bakels»), глицерин пищевой.

Изучение влияния влагоудерживающих добавок на качественные показатели пряников осуществляли по стандартным методикам. Определение органолептических показателей проводили по ГОСТ 5897-90. Массовую долю влаги в пряниках определяли по ГОСТ 5900-73. Изменение гидрофильных свойства мякиша пряников в процессе хранения определяли по количеству поглощенной мякишем воды.

Для определения изменения показателей качества пряников использовали традиционный метод и метод «ускоренного старения». Сырцовые пряники, упакованные в пакеты из полимерных пленок по ТР ТС 005/2011, закладывали на хранение при двух режимах:

- при температуре (18 ± 5) °С, относительной влажности воздуха не более 75 %;
- при температуре 40 °С и относительной влажности 55–60 % в термостате.

Статистическая обработка полученных данных проводилась с помощью программы Microsoft Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В исследованиях выбор и дозировку влагоудерживающих пищевых добавок, замедляющих черствение сырцовых пряников, проводили согласно представленным составам с учетом рекомендаций производителей:

- улучшитель «Панифреш» («IREKS»); состав: мука пшеничная набухающая, гуаровая камедь E 412, моно- и диглицериды жирных кислот, карбонат кальция E 170, ферменты, сыворотка сухая, картофельные хлопья, аскорбиновая кислота E 300, солод; используемая дозировка – 1,2 % к массе муки;

- улучшитель «Сюрприз Плюс» (ООО «Нива»); состав: мука пшеничная, эмульгатор, гуаровая камедь, карбоксиметилцеллюлоза E 466, натриевая соль E 117, ксантановая камедь E 415; используемая дозировка – 1,2 % к массе муки;

- комплексная пищевая добавка ТК-12 («Вакелс»); состав: пропиленгликоль E 1520, пропионат натрия E 281, ароматизатор лимонный; дозировка 1,7 % к общей массе компонентов;

- агент влагоудерживающий глицерин E 422; используемая дозировка – 1,2 % к массе муки.

Кодировка экспериментальных проб: образец 1 – контроль (без добавок); образец 2 – сырцовые пряники с добавлением улучшителя «Панифреш»; образец 3 – сырцовые пряники с добавлением улучшителя «Сюрприз Плюс»; образец 4 – сырцовые пряники с добавлением глицерина; образец 5 – сырцовые пряники с добавлением комплексной пищевой добавки ТК-12.

Ранее действующий ГОСТ 15810-96 «Изделия кондитерские. Изделия пряничные. Общие технические условия» четко определял, что срок хранения сырцовых пряников составляет не более 20 суток при хранении при температуре (18 ± 5) °С, относительной влажности воздуха не более 75 %. Таким образом, ограничивался срок хранения сырцовых пряников из-за потери потребительских достоинств. Согласно ныне действующему ГОСТ 15810-2014, срок годности пряников устанавливается производителем с учетом рецептуры, технологии приготовления и условий хранения пряников, что подтверждает необходимость проведения испытаний по оценке потребительских достоинств сырцовых пряников при хранении.

При испытании стойкости пряников при хранении выпеченные изделия не подвергали глазированию, упаковывали в пакеты из полимерной пленки по ТР ТС 005/2011. Изменения массовой доли влаги изделий представлены в таблице 1.

Массовая доля влаги при стандартных условиях хранения снижалась у всех образцов, однако скорость снижения массовой доли влаги у контрольного образца была значительно выше и на 60 сутки хранения снизи-

лась на 20,3 %, в то время как внесение влагоудерживающих добавок сократило снижение влаги до 5,9–9,4 %; наиболее эффективно сохранялась влага при внесении глицерина (снижение на 5,9 %).

Повышение температуры хранения пряников ускоряло скорость миграции влаги, особенно у контрольного образца (снижение на 23,2 %), в меньшей степени – у образцов с добавками (на 10,3–14,1 %).

Таблица 1 – Изменения массовой доли влаги пряников при хранении

Table 1 - Changes in the mass fraction of moisture in gingerbread during storage

Наименование образца	Сроки (в сутках) и условия хранения			
	15	30	45	60
Температура 22 °С, относительная влажность воздуха 55 %				
Образец 1	13,8	13,0	12,2	11,0
Образец 2	12,6	12,4	12,3	11,5
Образец 3	12,8	12,6	12,2	11,6
Образец 4	13,6	13,4	13,2	12,8
Образец 5	14,6	14,4	14,2	13,6
Температура 40 °С, относительная влажность воздуха 55 %				
Образец 1	13,8	12,6	11,8	10,6
Образец 2	12,6	12,3	11,9	10,8
Образец 3	12,8	12,4	12,0	11,0
Образец 4	13,6	13,2	13,0	12,2
Образец 5	14,6	14,4	14,2	13,0

В течение 30 суток хранения ухудшения органолептических показателей пряников при исследуемых температурных режимах не наблюдалось. Через 40 суток хранения потребительские характеристики контрольного образца значительно снизились, пряник стал сухим и твердым, особенно значимые изменения качества произошли в условиях «ускоренного старения», в то время как образцы с добавлением влагоудерживающих компонентов были достаточно мягкими. Снижение органолептических показателей для всех образцов отмечено на 45 сутки хранения изделий.

Одной из потребительских характеристик сырцовых пряников является сохранность мягкости мякиша, обусловленная его гидрофильными свойствами. Для более полной характеристики степени потери влаги и появления признаков черствения определяли изменение гидрофильных свойств мякиша пряников в течение 25 суток хранения (рисунок 1).

ВЛИЯНИЕ ВЛАГОУДЕРЖИВАЮЩИХ АГЕНТОВ НА ПОТРЕБИТЕЛЬСКИЕ СВОЙСТВА И СРОК ГОДНОСТИ ПРЯНИКОВ

В конце сроков хранения пряников гидрофильные свойства мякиша контрольного образца снизились на 25,0 %, в то время как у образцов с добавлением улучшителя «Панифреш», улучшителя «Сюрприз Плюс», комплексной пищевой добавки ТК-12 и глицерина – на 13,8 %, 9,0 %, 10,0 % и 10,3 % соответственно.

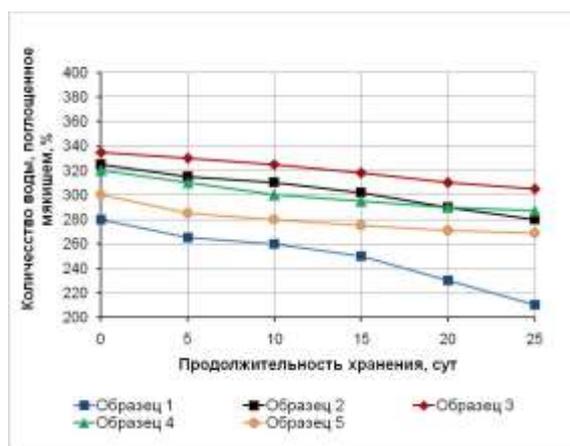


Рисунок 1 – Изменение гидрофильных свойств мякиша пряников при хранении

Figure 1 - Change in the hydrophilic properties of the gingerbread crumb during storage

Для пряников с добавлением влагоудерживающих агентов этот процесс шел менее интенсивно, что обусловлено снижением подвижности молекул воды, активным связыванием свободной влаги, снижением ее внутренней и внешней миграции в процессе хранения.

ВЫВОДЫ

Таким образом, показана целесообразность использования улучшителей, имеющих в составе влагоудерживающие агенты, для сохранения потребительских достоинств сырцовых пряников и продления сроков их годности. Установлено, что использование влагоудерживающих агентов в рецептуре сырцовых пряников, активно связывающих свободную влагу, замедляет процесс ретроградации крахмала, что способствует сокращению потери массовой доли влаги, повышает гидрофильные свойства мякиша пряника, сохраняет мягкую консистенцию изделий в процессе хранения, что позволяет повысить срок их годности без потери потребительских достоинств.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мошканова И.А., Новожилова Е.С., Васькина В.А. Современное производство пряников // Кондитерское и хлебопекарное производство. 2017. № 1–2. С. 44–47.
2. Кондратьев Н.Б., Федорко К.В., Крылова Э.Н., Пестерев М.А., Осипов М.В. К вопросу оценки факторов сохранности пряников с фруктовой начинкой // Техника и технология пищевых производств. 2019. Т. 49. № 3. С. 397–405. doi: 10.21603/2074-9414-2019-3-397-405.
3. Руденко О.С., Кондратьев Н.Б., Осипов М.В., Баженова А.Е., Пестерев М.А. Оценка факторов, влияющих на риск микробиологической порчи пряников с начинкой // Пищевая промышленность. 2019. № 12. С. 21–26. doi: 10.24411/0235-2486-2019-10201.
4. Кондратьев Н.Б., Савенкова Т.В., Руденко О.С., Осипов М.В., Белова И.А. К вопросу оценки скорости процессов влагопереноса в сырцовых пряниках для управления их сохранностью // Пищевая промышленность. 2019. № 11. С. 64–67. doi: 10.24411/0235-2486-2019-10180.
5. Cervenka L., Rezkova S., Kralovsky J. Moisture adsorption characteristics of gingerbread, a traditional bakery product in Pardubice Czech Republic // Journal of Food Engineering. 2008. Vol. 84. № 4. P. 601–607. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2007.07.006>.
6. Иоргачева Е.Г., Макарова О.В., Хвостенко Е.В. Стабилизация качества сырцовых пряников при хранении // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2014. Т. 2. № 12 (68). С. 138–143.
7. Светличная О.В., Графова А.Е. Исследование изменений, происходящих в процессе хранения пряников // Innova. 2019. №1 (14). С. 6–13.
8. Санжаровская Н.С., Сокол Н.В., Храпко О.П. Использование нетрадиционного сырья в технологии сырцовых пряников // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2018. № 1 (136). С. 147–154.
9. Наумова Н.Л. Изучение сохранности обогащающих компонентов в процессе производства и хранения модельных образцов заварных пряников // Техника и технология пищевых производств. 2015. Т. 4. № 39. С. 57–62.
10. Vignali G., Volpi A. Analysis and evaluation of cooking parameters for sweet bakery products // Advance journal of food science and technology. 2013. Vol. 5 (7). P. 843–854.
11. Кондратьев Н.Б., Казанцев Е.В., Петрова Н.А., Осипов М.В., Святославова И.М. Влияние свойств упаковки на изменение влажности сырцовых пряников с фруктовой начинкой // Пищевая промышленность. 2019. № 7. С. 16–18. doi: 10.24411/0235-2486-2019-10096.
12. Конева С.И., Провоторова Ю.А. Сырцовые пряники с добавлением ржаной муки и пшеничных отрубей // Наука и молодежь 2018 : Материалы 15-ой Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2018. № 20. С. 33–36.

Информация об авторе

С. И. Конева – кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология хранения и переработки зерна» Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова.

REFERENCES

1. Moshkanova, I.A., Novozhilova, E.S. & Vaskina, V.A. (2017). Modern production of cakes. *Confectionery and bakery production*, (1-2), 44-47. (In Russ.)
2. Kondratiev, N.B., Fedorko, K.V., Krylova, E.N., Pesterev, M.A. & Osipov, M.V. (2019). On the issue of assessing the factors of preservation of gingerbread with fruit filling. *Technique and technology of food production*, 49(3), 397-405. doi: 10.21603/2074-9414-2019-3-397-405. (In Russ.)
3. Rudenko, O.S., Kondratiev, N.B., Osipov, M.V., Bazhenova, A.E. & Pesterev, M.A. (2019). Assessment of factors affecting the risk of microbiological spoilage of gingerbread with stuffing. *Food industry*, (12), 21-26. doi: 10.24411/0235-2486-2019-10201. (In Russ.)
4. Kondratiev, N.B., Savenkova, T.V., Rudenko, O.S., Osipov, M.V. & Belova, I.A. (2019). On the issue of assessing the rate of moisture transfer processes in raw gingerbread to control their safety. *Food industry*, (11), 64-67. doi: 10.24411/0235-2486-2019-10180. (In Russ.)
5. Cervenka, L., Rezkova, S. & Kralovsky, J. (2008). Moisture adsorption characteristics of gingerbread, a traditional bakery product in Pardubice Czech Republic. *Journal of Food Engineering*, 84(4), 601-607. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2007.07.006>. (In Russ.)
6. Iorgacheva, E.G., Makarova, O.V. & Khvostenko, E.V. (2014). Stabilization of the quality of raw

gingerbread during storage. *East European Journal of Advanced Technologies*, 2(12 (68)), 138-143. (In Russ.)

7. Svetlichnaya, O.V., Grafova, A.E. (2019). Investigation of changes occurring during the storage of gingerbread. *Innova*, 1 (14), 6-13. (In Russ.)

8. Sanzharovskaya, N.S., Sokol, N.V. & Khrapko, O.P. (2018). The use of unconventional raw materials in technology raw gingerbread. *Bulletin of the Krasnyarsk State Agrarian University*, 1 (136), 147-154. (In Russ.)

9. Naumova, N.L. (2015). Studying the safety of enriching components in the process of production and storage of model samples of brewed gingerbread. *Technique and technology of food production*, 4(39), 57-62. (In Russ.)

10. Vignali, G. & Volpi, A. (2013). Analysis and evaluation of cooking parameters for sweet bakery products. *Advance journal of food science and technology*, 5 (7), 843-854.

11. Kondratiev, N.B., Kazantsev, E.V., Petrova, N.A., Osipov, M.V. & Svyatoslavova, I.M. (2019). The influence of packaging properties on the change in the moisture of raw gingerbread with fruit filling. *Food industry*, (7), 16-18. doi: 10.24411/0235-2486-2019-10096. (In Russ.)

12. Koneva, S.I. & Provotorova, Yu.A. (2018). Cheese cakes with the addition of rye flour and wheat bran. *Science and Youth 2018: materials of the 15th All-Russian Scientific and Technical Conference of students, postgraduates and young scientists*, (20), 33-36. (In Russ.)

Information about the author

S. I. Koneva - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor 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 28.03.2022; одобрена после рецензирования 17.04.2022; принята к публикации 17.05.2022.

The article was received by the editorial board on 28 Mar 22; approved after reviewing on 17 Apr 22; accepted for publication on 17 May 22.



Научная статья

05.18.15 – Технология и товароведение пищевых продуктов и функционального и специализированного назначения и общественного питания (технические науки)

УДК 543:561.394

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.02.008

 EDN: FQKQUE

ЛЕТУЧИЕ СОЕДИНЕНИЯ СВЕЖЕГО PTERIDIUM AQUILINUM (L.) КУHN, ПРОИЗРАСТАЮЩЕГО В КРАСНОЯРСКОМ КРАЕ

Дарья Андреевна Черемных¹, Галина Александровна Губаненко²,
Антонина Александровна Анискина³, Екатерина Александровна Речкина⁴,
Ольга Владимировна Киселева⁵

^{1,2} Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

³ Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск, Россия

⁴ Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск, Россия

⁵ Сибирский государственный университет науки и технологий имени М.Ф. Решетнева, Красноярск, Россия

¹ darya.cheremnykh.94@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5421-8791>

² gubanenko@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3049-0835>

³ aniskina_a@ksc.krasn.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2696-0267>

⁴ rechkina.e@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8045-9529>

⁵ ufimceva-olga@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2648-8481>

Аннотация. Впервые представлены результаты сравнительного анализа индивидуального состава летучих соединений вегетативных частей свежего папоротника, произрастающего на разных территориях Красноярского края. Сбор образцов проводили в мае 2021 г, использовали нераспустившееся растение размером 30 см. С помощью хромато-масс-спектрометрического анализа установлено 43 летучих компонента, из которых 30 идентифицированы. Выявлено, что в составе летучих компонентов наибольшее количество 12 соединений относятся к классу альдегидов, чуть меньше – 11 веществ – представлены спиртами, оставшиеся 7 компонентов относятся к различным классам соединений. Установлено, что преобладающими в составе папоротника по содержанию компонентами являются бензальдегид, который накапливается до 44 % и гексаналь – до 23 % от общего количества веществ. Определили, что вайи растения отличаются большим количеством летучих соединений и их содержанием, по сравнению со стеблями. Среди исследуемых образцов по содержанию летучих компонентов 98 % в вайях и 94 % в стеблях лидирует папоротник, собранный в южной части западных Саян (п. Шушенское). В составе летучих компонентов идентифицирован фенантрен в образцах № 1 и № 2 в количестве от 0,2 % до 0,9 %. Используемая методика не позволила идентифицировать птаквилозид в свежем папоротнике.

Ключевые слова: папоротник, летучие соединения, *Pteridium Aquilinum* (L.) Kuhn, терпены.

Для цитирования: Летучие соединения свежего *Pteridium Aquilinum* (L.) Kuhn, произрастающего на территории Красноярского края / Д. А. Черемных [и др.] // Ползуновский вестник. 2022. № 2. С. 57–64. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.02.008. EDN: <https://elibrary.ru/fqkque>.

Original article

VOLATILE COMPOUNDS OF FRESH PTERIDIUM AQUILINUM (L.) KUHN, GROWING IN THE KRASNOYARSK TERRITORY

Daria A. Cheremnykh¹, Galina A. Gubanenko², Antonina A. Aniskina³,
Ekaterina A. Rechkina⁴, Olga V. Kiseleva⁵

^{1,2} Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia

³ Sukachev Institute of Forest SB RAS, Krasnoyarsk, Russia

⁴ Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russia

⁵ Siberian State University of Science and Technology named after M.F. Reshetnev, Krasnoyarsk, Russia

¹ darya.cheremnykh.94@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5421-8791>

² gubanenko@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3049-0835>

³ aniskina_a@ksc.krasn.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2696-0267>

⁴ rechkina.e@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8045-9529>

⁵ ufimceva-olga@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2648-8481>

Abstract. *The results of a comparative analysis of the individual composition of volatile compounds of vegetative parts of fresh bracken growing in different regions of the Krasnoyarsk Territory are presented for the first time. The collection of samples was carried out in May 2021, using an unopened plant with a size of 30 cm. Using chromatography-mass spectrometric analysis, 43 volatile components were identified, of which 30 were identified. It was revealed that in the composition of volatile components, the largest number of 12 compounds belong to the class of aldehydes, slightly less than 11 substances are represented by alcohols, the remaining 7 components belong to different classes of compounds. It was found that the predominant components in the composition of the bracken in terms of content are benzaldehyde, which accumulates up to 44 % and hexanal - up to 23 % of the total amount of substances. It was determined that the vayi plants differ in a large number of volatile compounds and their content, compared with the stems. Among the studied samples, in terms of the content of volatile components 98 % in the wars and 94 % in the stems, the fern collected in the southern part of the western Sayans (Shushenskoye settlement) prevails. Phenanthrene was identified in volatile components in samples No. 1 and No. 2 in an amount from 0.2 % to 0.9 %. The technique used did not allow the identification of ptaquiloside in fresh bracken.*

Keywords: *bracken, volatile compounds, Pteridium Aquilinum (L.) Kuhn, terpenes.*

For citation: Cheremnykh, D. A., Gubanenko, G. A., Aniskina, A. A., Rechkina, E. A. & Kiseleva, O. V. (2022). Volatile substances of fresh Pteridium Aquilinum (L.) Kuhn, growing in the Krasnoyarsk territory. *Polzunovskiy vestnik*, (2), 57-64. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.02.008.

ВВЕДЕНИЕ

В мире насчитывается более 10 000 видов папоротников, из них в России произрастает более 2 000, в Красноярском крае количество не превышает 25 наименований [1, 2]. К съедобным папоротникам относятся Орляк, Осмунда азиатская и Страусник. В Красноярском крае преобладает папоротник Орляк. *Pteridium Aquilinum (L.) Kuhn* – пищевое, многолетнее и зимостойкое растение, которое предпочитает бедные почвы, не страдает от засухи. Широко распространен на всех континентах Земли, в том числе образует заросли в лесотундре и на лесосеках Сибири.

Химический состав свежих побегов Орляка представлен в немногочисленных работах [3–7]. Данные о наличии белковых веществ согласуются в работах авторов [3, 4], и их содержание в молодых побегах папоротника достигает от 25 до 31 % от общей сухой массы. В работах [5–7] отмечено наличие заменимых и незаменимых аминокислот. Содержание незаменимых аминокислот в белках *Pteridium aquilinum (L.) Kuhn* превышает содержание их в белке-эталоне, и аминокислотный скор всех незаменимых аминокислот находится в пределах от 108 % до 150 %, за исключением метионина + цистина, скор данной аминокислоты не превышает 74 %. Био-

ЛЕТУЧИЕ СОЕДИНЕНИЯ СВЕЖЕГО PTERIDIUM AQUILINUM (L.) KUHN,
ПРОИЗРАСТАЮЩЕГО В КРАСНОЯРСКОМ КРАЕ

логически активные вещества папоротника представлены витаминами А (0,181 мг); С (26,6 мг); РР (4,98 мг); В-каротином (2,04 мг), и их количественное содержание практически не отличается в работах авторов [3, 4, 6].

Таким образом, изученный химический состав свежего папоротника орляк по немногочисленным литературным данным позволяет сделать заключение о перспективности использования для производства новых видов пищевой продукции в качестве источника биологически активных веществ.

Однако в работах зарубежных авторов [8, 9, 10] представлены исследования токсического воздействия свежего папоротника Орляк на организм человека, связанного с содержанием птаквилозида (РТА), который является норсесквитерпеновым глюкозидом (рисунок 1).

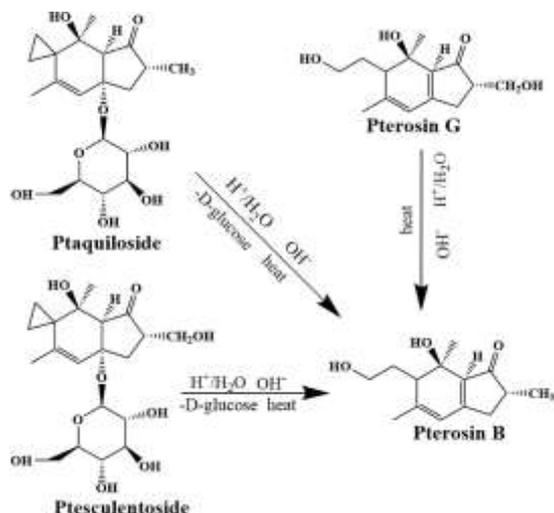


Рисунок 1 – Химическая структура РТА и его аналогов, а также путь разложения [9]

Figure 1 - Chemical structure of PTA and its analogues, as well as the decomposition path [9]

Установлено, что РТА увеличивает риск развития рака. Данный канцероген может передаваться человеку через молоко или мясо крупного рогатого скота и овец, употребляющих свежие побеги Pteridium aquilinum L. Kuhn. Другой потенциальный путь передачи канцерогена папоротника человеку: РТА может выщелачиваться из растения в водные ресурсы или в процессе дыхания растения за счет спор рассеиваться по воздуху. Авторы количественно определяли РТА, используя метод HPLC и установили, что РТА нестабилен и быстро подвергается ароматизации с деглюкозилированием D-(+)-глюкозы с образованием птерозина В (РТВ) – неканцероген-

ного соединения, в кислых или щелочных водных условиях и даже в горячей воде.

Ряд отечественных авторов [4, 7, 11] упоминают в своих работах о канцерогенных свойствах свежих побегов Pteridium Aquilinum (L.) Kuhn, но результаты исследований по данному вопросу в литературе не представлены.

В настоящее время для пищевых целей традиционно используется соленый папоротник, после вымачивания. Разработка новых видов продукции с применением регионального папоротника предполагает изучение химического состава биологически активных веществ, показателей качества и безопасности.

Анализ литературных источников позволил сделать вывод, что папоротник Орляк, произрастающий на территории Красноярского края, мало изучен, в связи с этим исследование химического состава является актуальной научной и практической задачей.

Цель исследования – изучение состава летучих соединений вегетативных частей свежего папоротника Pteridium Aquilinum (L.) Kuhn, произрастающего в разных районах Красноярского края.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В качестве объектов исследования использованы вегетативные части свежего папоротника Pteridium Aquilinum (L.) Kuhn (рисунок 1), произрастающего в разных районах Красноярского края. Заготовку образцов для исследования проводили в мае 2021 года, собирали стебель с нераспустившемся листом (вайя) размером до 30 см.

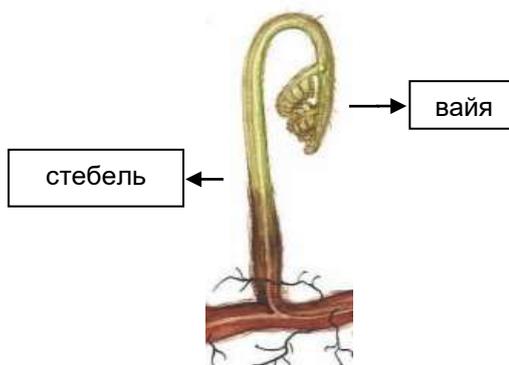


Рисунок 2 – Папоротник Pteridium Aquilinum (L.) Kuhn

Figure 2 - Bracken Pteridium Aquilinum (L.) Kuhn

Образец 1 – папоротник Pteridium Aquilinum (L.) Kuhn, собранный в Козульском районе (п. Бадаложный).

Образец 2 – папоротник *Pteridium Aquilinum* (L.) Kuhn, собранный в южной части восточных Саян (п. Курагино).

Образец 3 – папоротник *Pteridium Aquilinum* (L.) Kuhn, собранный в южной части западных Саян (п. Шушенское).

Качественное определение компонентного состава образцов выполняли в лаборатории физико-химической биологии древесных растений института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН (г. Красноярск) на хромато-масс-спектрометре «Agilent 5975C-7890A» фирмы Agilent (США) с использованием парофазного пробоотборника HeadSpace Sampler G 1888. Применяли 30-метровую кварцевую колонку HP-5 (сополимер 5%-дифенил-95%-диметилсилоксан) с внутренним диаметром 0,25 мм. Газ-носитель – гелий с постоянным потоком 1,1 мл/мин. Температура колонки: начальный изотермический участок 50 °С (10 мин), подъем температуры со скоростью 4 °С /мин от 50 до 220 °С. Параметры парофазного пробоотборника: температура термостата – 100 °С, температура петли – 110 °С, температура HS-интерфейса – 115 °С,

время выдержки образца в термостате пробоотборника – 7 мин. Температура испарителя – 280 °С, температура ионизационной камеры – 170 °С, энергия ионизации – 70 эВ.

Идентификацию компонентов проводили методом сравнения, по наличию и соотношению характеристичных ионов-фрагментов с использованием базы данных стандартных образцов из масс-спектральной библиотеки «NIST05a. L» и значениям линейных индексов удерживания, используя программу обработки данных AMDIS (The Automated Mass Spectral Deconvolution and Identification System).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Хромато-масс-спектрометрический анализ позволил установить наличие в папоротнике 43 летучих компонентов, из них 30 единичий идентифицировано, результаты анализа представлены в таблице 1. Доля идентифицированных компонентов составляет 70 % во всех изучаемых образцах.

Таблица 1 – Состав летучих компонентов свежего папоротника

Table 1 - Composition of volatile components of fresh Bracken

№	Время удерживания	% от общего содержания						Название / формула
		образец 1		образец 2		образец 3		
		вайи	стебли	вайи	стебли	вайи	стебли	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0,27	0	0	0	0,648	0	0	
2	1,448	0	3,862	0	5,308	0	2,801	
3	1,467	13,582	19,306	21,95	24,533	11,072	11,35	Диоксид углерода CO ₂
4	1,5198	1,079	0	1,729	1,957	0,777	0,94	
5	1,58	0,635	0,761	0,952	1,562	0,885	1,765	
6	1,635833	0,652	0,778	0,539	1,495	0,473	0,618	
7	1,697333	3,479	2,669	6,949	7,161	1,832	2,713	Диметилсульфид C ₂ H ₆ S
8	1,733	0,668	0	0	0	0	0	
9	1,7915	4,676	1,469	5,038	1,67	0,756	0,468	Пропаналь 2-метил-C ₄ H ₈ O
10	1,884	0	0	0,722	1,525	0	0	
11	1,959667	0,688	0	0,138	0	0,242	0	Бутаналь C ₄ H ₈ O
12	2,2415	3,88	1,858	2,829	1,567	0,938	0,637	Бутаналь 3-метил- C ₅ H ₁₀ O
13	2,310667	4,26	1,325	3,413	1,357	0,704	0,553	Бутаналь 2-метил-C ₅ H ₁₀ O
14	2,4502	0,322	0,267	0,242	0	0,293	0,292	1-Пентен-3-ол C ₅ H ₁₀ O
15	2,489	0	0	0	0	0,136	0	

ЛЕТУЧИЕ СОЕДИНЕНИЯ СВЕЖЕГО PTERIDIUM AQUILINUM (L.) KUHN,
ПРОИЗРАСТАЮЩЕГО В КРАСНОЯРСКОМ КРАЕ

Продолжение таблицы 1 – Состав летучих компонентов свежего папоротника

Continuation of table 1 - Composition of volatile components of fresh Bracken

1	2	3	4	5	6	7	8	9
16	2,587	0,451	0,168	0,48	0,401	0,315	0,183	Пентаналь C ₅ H ₁₀ O
17	2,628	0,282	0	0,214	0	0,142	0	Фуран 2-ethyl-C ₆ H ₈ O
18	2,70175	0,337	0,688	0,194	0	0,171	0	Силандиол, диметил C ₂ H ₈ O ₂ Si
19	3,0295	0	0	0,409	0,392	0	0	
20	3,081	0	0	0,275	0	0	0	1-Бутанол 2-метил- C ₅ H ₁₂ O
21	3,559	0,196	0	0,182	0	0,154	0	1-Пентанол C ₅ H ₁₂ O
22	3,626667	0,19	0	0,044	0	0,123	0	2-Пентен-1-ol (Z)-C ₅ H ₁₀ O
23	4,216167	15,295	23,287	19,776	16,902	23,629	22,262	Гексаналь C ₆ H ₁₂ O
24	5,860167	2,299	7,152	1,587	4,122	3,925	3,152	2-Гексеналь C ₆ H ₁₀ O
25	6,009833	1,6	2,919	1,013	1,417	1,475	1,541	3-Гексен-1-ол (Z)- C ₆ H ₁₂ O
26	6,572167	0,506	0,62	4,853	11,925	0,974	1,051	1-Гексанол C ₆ H ₁₄ O
27	8,133	0,172	0	0	0	0	0	Гептаналь C ₇ H ₁₄ O
28	11,8665	35,744	19,625	17,322	10,16	44,077	42,66	Бензальдегид C ₇ H ₆ O
29	12,171	0,036	0	0	0	0	0	
30	13,40417	4,305	3,255	2,21	0,512	4,061	2,277	1-Октен-3-ол C ₈ H ₁₆ O
31	13,80225	0,189	0	0,515	0	0,683	0,855	3-Октанон C ₈ H ₁₆ O
32	14,0095	0,319	0	0,335	0	0	0	Фуран 2-пентил- C ₉ H ₁₄ O
33	14,3904	1,358	0,287	2,261	0	0,698	0,462	3- Октанол C ₈ H ₁₈ O
34	16,448	0,358	0	2,104	0	0	0	Бензиловый спирт C ₇ H ₈ O
35	16,80217	1,625	8,457	1,117	3,856	0,89	2,3	Бензоацетальдегид C ₈ H ₈ O
36	19,919	0,15	0	0	0	0	0	Нональ C ₉ H ₁₈ O
37	20,249	0	0	0,245	0	0	0	Фенилэтиловый спирт C ₈ H ₁₀ O
38	22,1235	0	0	0	0	0,189	0,449	3-Нонен-1-ол (Z)- C ₉ H ₁₈ O
39	22,30767	0,396	1,247	0,206	0,589	0,384	0,67	2-Нональ (E)-C ₉ H ₁₆ O
40	22,591	0	0	0,157	0	0	0	
41	36,271	0	0	0	0,001	0	0	
42	41,882	0,07	0	0	0	0	0	
43	41,91	0,2	0	0	0,942	0	0	Фенантрен C ₁₄ H ₁₀

Установлено, что 12 соединений относятся к классу альдегидов, что составляет 39 %, 11 соединений или 35 % представлены спиртами, остальные 26 % из 30 идентифицированных компонентов представляют другие классы соединений. Оставшиеся вещества представлены кремнийорганическим соединением, сульфидом, оксидом, кетоном, гетероциклами и трициклическим ароматиче-

ским углеводородом. Проведенные исследования содержания и состава летучих соединений в вегетативных частях папоротника позволили установить, что в вайях синтезируется больше компонентов (на 2,3 % – 8,8 %), чем в стеблях. Выявленная закономерность во всех образцах объясняется тем, что летучие вещества в большем объеме

синтезируются и накапливаются в эфиромасличных железках листьев [12].

Исследуемые образцы папоротника с разных территорий Красноярского края отличаются накоплением летучих соединений. Так, например, растения, собранные в южной части западных Саян (п. Шушенское), содержат максимальное количество веществ от 94 % в стеблях до 98 % в вайях, минимальное содержание характерно для образца № 2 от 87 % до 96 %, промежуточное значение определено для папоротника, заготовленного в Козульском районе (п. Бадаложный) от 95 % до 97 % соответственно.

Доминирующими компонентами являются два альдегида гексаналь ($C_6H_{12}O$) содержание от 15 % до 23 % и бензальдегид (C_7H_6O) – от 10 % до 44 % от общего содержания компонентов. Наибольшие доли гексаналя и бензальдегида обнаружены в образце № 3 (п. Шушенское) в вайях и стеблях 23,6 % – 22,3 %, 44,1 % и 42,7 % соответственно. Наименьшее количество определено в стеблях 10,2 % бензальдегида и 16,9 % гексаналя в растениях, собранных в южной части восточных Саян (п. Курагино). Гексаналь применяется в качестве ароматизатора для пищевых целей, придает травянистый аромат растения. Бензальдегид формирует оттенки горького миндаля или яблочных косточек в аромате растений, обладает бактерицидным действием.

Выявлена особенная закономерность накопления летучих веществ только в вайях растения бутаналь (C_4H_8O) от 0,14 до 0,24 %, фуран (2-этил- C_6H_8O) от 0,14 до 0,28 %, 1-пентанол ($C_5H_{12}O$) от 0,15 до 0,19 %, 2-пентен-1-ол (Z)- $C_5H_{10}O$ от 0,12 до 0,19 % во всех исследуемых образцах. Такие соединения, как фуран 2-пентил- $C_9H_{14}O$ и бензиловый спирт C_7H_8O , определены только в вайях в образцах № 1, 2. В вайях выборочно синтезируются нональ $C_9H_{18}O$ только в образце № 1, во втором образце – фенилэтиловый спирт $C_8H_{10}O$. Для третьего образца папоротника характерно накопление в стеблях и вайях 3-нонен-1-ол (Z)- $C_9H_{18}O$ от 0,19 до 0,45 %, в остальных образцах данное соединение отсутствует.

Большинство идентифицированных соединений в составе свежего папоротника регламентированы и разрешены ТР/ТС 029/2012 «Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств» в приложении 19 «Перечень вкусоароматических химических веществ, разрешенных для применения при производстве пищевых ароматизато-

ров». Исследование индивидуального состава компонентов свежего папоротника позволяет заключить, что входящие вещества являются безопасными для использования в пищевых продуктах.

В составе летучих компонентов идентифицирован трициклический ароматический углеводород, представителем которого является фенантрен ($C_{14}H_{10}$). Данное соединение обнаружено в образце № 1 в вайях 0,2 % и образце № 2 в стебле 0,9 % процент схожести с литературным источником составляет 80 % и 83 % соответственно. Накопление фенантрена в свежем папоротнике, собранном в Козульском районе и п. Курагино, возможно, происходит под воздействием экологических и природно-географических факторов. Согласно литературным данным [13, 14], фенантрен относится к классу полициклических ароматических углеводородов (ПАУ), который может оказывать негативное воздействие на организм [13]. В пищевой промышленности накопление ПАУ главным образом зависит от способов приготовления, а также от загрязнения, происходящего при производстве и упаковке. В природе ПАУ обнаруживаются в воде, почве и воздухе [1], в результате горения органического сырья и в первую очередь при сжигании почти всех видов твердого и жидкого топлива, а также при горении лесов [14]. Среди ПАУ содержание в пищевых продуктах регламентировано только для бенз(а)пирена в соответствии с ТР ТС 021/2011 приложение 3 «Гигиенические требования безопасности пищевой продукции». Используемая методика для исследования не позволила определить канцерогенное соединение – птаквилозид, которое по литературным данным накапливается исключительно в папоротнике орляк.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Впервые проведенный сравнительный анализ индивидуальных летучих компонентов вегетативных частей свежего папоротника Орляк, произрастающего на разных территориях Красноярского края, показал, что вайи растения отличаются большим количеством летучих соединений и их содержанием, по сравнению со стеблями. Среди исследуемых образцов по содержанию летучих компонентов 98 % в вайях и 94 % в стеблях превалирует папоротник, собранный в южной части западных Саян (п. Шушенское).

Установлено наличие в папоротнике 43 летучих соединений, из них 30 компонентов идентифицировано. Выявлено, что

ПОЛЗУНОВСКИЙ ВЕСТНИК № 2 2022

ЛЕТУЧИЕ СОЕДИНЕНИЯ СВЕЖЕГО PTERIDIUM AQUILINUM (L.) KUHN, ПРОИЗРАСТАЮЩЕГО В КРАСНОЯРСКОМ КРАЕ

наибольшая массовая доля 39 % соединений относятся к классу альдегидов, на 4 % меньше количество веществ (35 %) представленных спиртами, оставшиеся 26 % компонентов относятся к различным классам соединений. Выявлено, что доминирующими летучими веществами в составе папоротника являются бензальдегид, который накапливается до 44 % от общего объема компонентов и гексаналь – до 23 %. Оба вещества применяются в качестве ароматизаторов в пищевых продуктах.

В составе летучих компонентов идентифицирован фенантрен – в образце № 1 в вайях 0,2 % и образце № 2 в стебле 0,9 %. Данное соединение относится к полициклическим ароматическим углеводородам и в настоящее время не регламентируется ТР ТС 021/2011. Используемая методика не позволила идентифицировать птаквилосид в свежем папоротнике.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Растения и лишайники России и сопредельных стран. Открытый онлайн атлас и определитель растений. URL : <https://www.plantarium.ru> (Дата обращения 03.03.2022).

2. Степанов Н.В. Ботаника: систематика высших споровых растений / Н.В. Степанов ; Сибирский федеральный университет, Институт фундаментальной биологии и биотехнологии. Красноярск : Сибирский федеральный университет, 2017. – 203 с. ISBN 978-5-7638-3684-4.

3. Новые возможности обогащения пищи природными растительными компонентами / М.В. Центров, Б.А. Джамалдинова, И.У. Ушаева, Ш.И. Идилова // Горизонты науки : материаловедение и металлургия : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию ФГБОУ ВО "ГНТУ им. М.Д. Миллионщикова", Грозный, 26–27 октября 2018 года. Грозный : ФГБОУ ВПО "Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М.Д. Миллионщикова", 2019. С. 167–173.

4. Мельникова Е.В. Получение пищевого порошка из папоротника орляк // Инновационные тенденции развития российской науки : Материалы VII Международной научно-практической конференции молодых ученых, Красноярск, 24–26 марта 2014 года. Красноярск : Красноярский государственный аграрный университет, 2015. С. 266–268.

5. Гориславская Л.И. Исследование и разработка технологии производства мягких сыров с папоротником : дис. ... кандидата технических наук: 05.18.04 / Кемеров. технол. ин-т пищевой пром. Кемерово, 1999. 126 с.

6. Изменения потребительских свойств папоротника-орляка при использовании разных методов хранения / И.В. Шалиско, М.И. Дмитриченко, В.В. Пеленко, С.В. Шахов // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2016. № 3(69). С. 151–158. DOI 10.20914/2310-1202-2016-3-151-158.

7. Экспертиза дикорастущих плодов, ягод и травянистых растений : Качество и безопасность : учеб-

но-справочное пособие для вузов / И.Э. Цапалова, М.Д. Гутина, О.В. Голуб, В.М. Позняковский. 3-е издание, исправленное и дополненное. Новосибирск : Сибирское университетское изд-во, 2005. 216 с.

8. Shahin M., Smith B.L., Prakash A.S. Bracken carcinogens in the human diet. *Mutat Res.* 1999 Jul 15; 443 (1–2):69–79. doi: 10.1016/s1383-5742(99)00011-3. PMID: 10415432.

9. Hao, Jing-Wen, Xiao-Quan Liu, Nai-Dong Chen and An-ling Zhu. "Solid-phase extraction followed by direct TOF-MS-MS and HPLC analysis of ptaquiloside in *Pteridium aquilinum* from different places of China." *Journal of Food Composition and Analysis*, 98 (2021): 103845.

10. Ribeiro, Debora da Silva Freitas, Kelly Moura Keller and Benito Soto-Blanco. "Ptaquiloside and Pteroin B Levels in Mature Green Fronds and Sprouts of *Pteridium arachnoideum*." *Toxins* 12 (2020): n. pag.

11. Особенности использования растительного сырья в технологии напитков / А.И. Ферзали, М.В. Центров, Ю.Ф. Якуба // Перспективные аграрные и пищевые инновации : Материалы Международной научно-практической конференции, Волгоград, 06–07 июня 2019 года / Под общей редакцией И.Ф. Горлова. Волгоград : Общество с ограниченной ответственностью "СФЕРА", 2019. С. 350–355.

12. Комплексная оценка новых видов растительного сырья Красноярского края и целесообразность его использования в производстве функциональных продуктов питания : монография // Г.А. Губаненко, Л.А. Маюрникова, Л.П. Рубчевская. Красноярск, Сиб. федер. ун-т, 2013. 260 с. ISBN 978-5-7638-2915-0.

13. Гигиеническая оценка содержания полициклических ароматических углеводородов в продуктах питания и их поступления в организм населения / Н.И. Опополь, Р.Ф. Сырку, Ю.В. Пынзару [и др.] // Гигиена и санитария. 2015. Т. 94. № 4. С. 52–56.

14. Влияние фенантрена на некоторые метаболические процессы при длительном поступлении в организм / А.А. Ушков, И.С. Позняк, Т.И. Половинкина [и др.] // Актуальные проблемы транспортной медицины. 2010. № 4(22). С. 80–84.

Информация об авторах

Д. А. Черемных – аспирант Сибирского Федерального университета.

Г. А. Губаненко – доктор технических наук, профессор кафедры «Технологии и организации общественного питания» института торговли и сферы услуг Сибирского Федерального университета.

А. А. Анискина – научный сотрудник лаборатории физико-химической биологии древесных растений Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН Федерального исследовательского центра «Красноярский научный центр СО РАН».

Е. А. Речкина – доцент кафедры «Технологии консервирования и пищевой биотехнологии» Красноярского государственного аграрного университета.

О. В. Киселева – доцент кафедры «Химической технологии древесины и биотехнологии» Сибирский государственный университет науки и технологий имени М.Ф. Решетнева.

REFERENCES

1. Plants and lichens of Russia and neighboring countries: an open online atlas and plant determinant Retrieved from: <https://www.plantarium.ru>. (In Russ.).
2. Stepanov, N.V., Siberian Federal University & Institute of Fundamental Biology and Biotechnology (2017). *Botany: systematics of higher spore plants*. Krasnoyarsk : Siberian Federal University, ISBN 978-5-7638-3684-4. (In Russ.)
3. Centroevev, M.V., Jamaldinova, B.A., Ushaeva I.U. & Idilova, Sh.I. (2019). New opportunities for enriching food with natural plant components. *Horizons of Science: Materials science and metallurgy : Materials of the International Scientific and Practical Conference dedicated to the 100th anniversary of the Moscow State Technical University named after M.D. Millionshchikov, Grozny, October 26-27 2018*. Grozny: Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education "Grozny State Oil Technical University named after Academician M.D. Millionshchikov", 167-173. (In Russ.)
4. Melnikova, E.V. (2014). Obtaining food powder from bracken. *Innovative trends in the development of Russian science : Materials of the VII International Scientific and Practical Conference of Young Scientists, Krasnoyarsk, March 24-26*. Krasnoyarsk: Krasnoyarsk State Agrarian University, 266-268. (In Russ.)
5. Gorislavskaya, L.I. (1999). Research and development of technology for the production of soft cheeses with fern. Candidate's thesis. Kemerov. technol. in-t food industry. Kemerovo. (In Russ.)
6. Shalisko, I.V. Dmitrichenko, M.I. Pelenko, V.V. & Shakhov, S.V. (2016). Changes in the consumer properties of bracken when using different storage methods. *Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies*, 3(69), 151-158. DOI 10.20914/2310-1202-2016-3-151-158. (In Russ.)
7. Tsapalova, I.E., Gutina, M.D., Golub, O.V. & Poznyakovskiy V.M. (2005). *Examination of wild fruits, berries and herbaceous plants: Quality and safety: a reference manual for universities*. 3rd edition, revised and supplemented. Novosibirsk : Siberian University Publishing House. (In Russ.)
8. Shahin, M, Smith, BL, Prakash, AS. (1999). *Bracken carcinogens in the human diet*. *Mutat Res.* from 1999 Jul 15; 443(1-2):69-79. doi: 10.1016/s1383-5742(99)00011-3. PMID: 10415432.
9. Hao, Jing-Wen, Xiao-Quan, Liu, Nai-Dong, Chen and An-ling, Zhu. (2021). "Solid-phase extraction followed by direct TOF-MS-MS and HPLC analysis of ptaquiloside in *Pteridium aquilinum* from different places of China." *Journal of Food Composition and Analysis* 98: 103845.
10. Ribeiro, Debora da Silva Freitas, Kelly Moura Keller and Benito Soto-Blanco. (2020). "Ptaquiloside and Pterosin B Levels in Mature Green Fronds and Sprouts of *Pteridium arachnoideum*." *Toxins* 12: n. pag.
11. Ferzauli, A.I., Centroevev, M.V. & Yakuba Yu.F. (2019). Features of the use of vegetable raw materials in beverage technology. *Promising agricultural and food innovations : Materials of the International scientific and Practical Conference, Volgograd, June 06-07, 2019*. Under the general editorship of I.F. Gorlov. Volgograd: Limited Liability Company "SPHERE", 350-355. (In Russ.)
12. Gubanenko, G.A., Mayurnikova & L.A. Rubchevskaya, L.P. (2013). *A comprehensive assessment of new types of plant raw materials of the Krasnoyarsk Territory and the expediency of its use in the production of functional food products (monograph)*. Krasnoyarsk, Sib. feder. un-t, 260 p. ISBN 978-5-7638-2915-0. (In Russ.)
13. Opopol, N.I., Syrku, R.F., Pynzaru, Yu.V. [et al.] (2015). Hygienic assessment of the content of polycyclic aromatic hydrocarbons in food and their intake into the body of the population. *Hygiene and sanitation*, 94(4), 52-56. (In Russ.)
14. The influence of phenanthrene on some metabolic processes with prolonged intake into the body / A.A. Ushkov, I.S. Poznyak, T.I. Polovinkina [et al.] (2010). *Actual problems of transport medicine*, 4(22). 80-84. (In Russ.)

Information about the authors

D. A. Cheremnykh - Postgraduate student of Siberian Federal University.

G. A. Gubanenko - Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of "Technologies and Organization of Public Catering" of the Institute of Trade and Services of the Siberian Federal University.

A. A. Aniskina - Researcher at the Laboratory of Physico-Chemical Biology of Woody Plants of the V.N. Sukachev Institute of Forest SB RAS of the Federal Research Institute center "Krasnoyarsk Scientific Center SB RAS".

E. A. Rechkina - Associate Professor of the Department of "Technology of Canning and Food Biotechnology" of the Krasnoyarsk State Agrarian University.

O. V. Kiseleva - Associate Professor of the Department of Chemical "Wood Technology and Biotechnology" Siberian State University of Science and Technology named after M.F. Reshetnev.

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

Статья поступила в редакцию 28.03.2022; одобрена после рецензирования 06.05.2022; принята к публикации 17.05.2022.

The article was received by the editorial board on 28 Mar 22; approved after reviewing on 6 May 22; accepted for publication on 17 May 22.



Научная статья

05.18.15 – Технология и товароведение пищевых продуктов и функционального и специализированного назначения и общественного питания (технические науки)

УДК637.146.34

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.02.009

 EDN: GISLQK

АНАЛИЗ РЕЦЕПТУРЫ И СВОЙСТВ СИМБИОТИЧЕСКОГО ЙОГУРТА

Софья Юрьевна Яковлева ¹, Вера Викторовна Тригуб ²,
Марина Викторовна Николенко ³, Владимир Григорьевич Попов ⁴

^{1, 2, 3, 4} Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Россия

¹ flamelok@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6753-6828>

² trigubvv@tyuiu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4464-7346>

³ novopaschinamv@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1099-0656>

⁴ popovvg@tyuiu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5902-1768>

Аннотация. В настоящее время является перспективным направлением использование функциональных продуктов питания для улучшения жизненного статуса населения. В работе представлено обоснование разработанной рецептуры симбиотического йогурта, обогащенного комплексной пищевой добавкой (КПД) на основе растительного сырья. Назначение данного йогурта – улучшение работы пищеварительной системы, моторно-эвакуаторной функции кишечника в связи с наличием пищевых волокон в составе рисовых хлопьев, яблочного пектина, сиропа топинамбура. Молочная продукция является важной частью рациона россиян. В составе кишечной микробиоты людей, с возрастом происходит снижение численности и видового разнообразия многих полезных микроорганизмов. Множество исследований, проведенных в выборках здоровых людей, показали перспективность использования пробиотиков и симбиотиков в терапии с целью сохранения полезных бактерий в кишечнике человека в течение всей жизни. Поэтому использование функционального йогурта будет оказывать полезное действие. Проведенный анализ полученного продукта показал его соответствие по всем органолептическим, физико-химическим и микробиологическим показателям, а также повышенное содержание (более 15 %) пищевых волокон, тиамина, витамина РР, минеральных компонентов: железа, магния, цинка. Согласно полученным микробиологическим данным, функциональный йогурт не содержит патогенной микрофлоры, является безопасным, срок его годности зависит от условий хранения.

Ключевые слова: функциональный продукт, симбиотический йогурт, рецептура, физико-химические показатели, микробиологические показатели.

Для цитирования: Анализ рецептуры и свойств симбиотического йогурта / С. Ю. Яковлева [и др.]. // Ползуновский вестник. 2022. № 2. С. 65–73. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.02.009. EDN: <https://elibrary.ru/gislkq>.

Original article

ANALYSIS OF THE FORMULATION AND PROPERTIES OF SYMBIOTIC YOGHURT

Sofya Y. Yakovleva ¹, Vera V. Trigub ², Marina V. Nikolenko ³,
Vladimir G. Popov ⁴

^{1, 2, 3, 4} Tyumen Industrial University, Tyumen, Russia

¹ flamelok@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6753-6828>

² trigubvv@tyuiu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4464-7346>

³ novopaschinamv@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1099-0656>

⁴ popovvg@tyuiu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5902-1768>

Abstract. *Currently, the use of functional food products to improve the living status of the population is a promising direction. The paper presents the rationale for the developed formulation of symbiotic yogurt enriched with a complex food additive (KPD) based on vegetable raw materials. The purpose of this yogurt is to improve the functioning of the digestive system, motor-evacuation function of the intestine due to the presence of dietary fiber in the composition of rice flakes, apple pectin, Jerusalem artichoke syrup. Dairy products are an important part of the diet of Russians. As part of the intestinal microbiota of people, with age there is a decrease in the number and species diversity of many beneficial microorganisms. Many studies conducted in samples of healthy people have shown the prospects of using probiotics and symbiotics in therapy in order to preserve beneficial bacteria in the human intestine throughout life. Therefore, the use of functional yogurt will have a beneficial effect. The analysis of the resulting product showed its compliance with all organoleptic, physico-chemical and microbiological indicators, as well as an increased content (more than 15%) of dietary fiber, thiamine, vitamin PP, mineral components: iron, magnesium, zinc. According to the obtained microbiological data, functional yogurt does not contain pathogenic microflora, is safe, its shelf life depends on storage conditions.*

Keywords: *functional product, symbiotic yogurt, recipe, physico-chemical indicators, microbiological indicators.*

For citation: Yakovleva, S. Y., Trigub, V. V., Nikolenko, M. V. & Popov, V. G. (2022). Analysis of the formulation and properties of symbiotic yogurt. *Polzunovskiy vestnik*, (2), 65-73. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.02.009.

ВВЕДЕНИЕ

Молочная и кисломолочная продукция пользуется у населения большим спросом и является важной составной частью повседневного рациона. Для создания рецептуры симбиотического продукта необходимо выбрать смесь определенного субстрата и микроорганизмов, которая может усиливать полезный эффект по сравнению с продуктом, включающий пробиотик или только пребиотик.

Целью исследования является разработка рецептуры и исследование функциональных свойств симбиотического йогурта для улучшения работы ЖКТ. Исходя из данной цели, необходимо подобрать методы исследования физико-химического, микробиологического состава, сформулировать результаты и дать рекомендации.

Для разработки рецептуры симбиотического йогурта, направленного на профилактику болезней желудочно-кишечного тракта, необходимо выбрать полифункциональные пищевые ингредиенты для обогащения кисломолочной основы. В своих работах Т.Л. Пилат пишет, что данные физиологические свойства определяют в большей степени пищевые волокна, такие как инулин, пектин, а также некоторые витамины и минеральные вещества, такие как В1 (тиамин), В12, РР (ниацин), железо, магний [1].

Также в молочных продуктах в повышенных концентрациях содержится легкоусвояемый кальций, необходимый для обеспечения обмена веществ и формирования костно-мышечного скелета [2].

При выпуске конкурентоспособного пищевого продукта значительную роль играют

АНАЛИЗ РЕЦЕПТУРЫ И СВОЙСТВ СИМБИОТИЧЕСКОГО ЙОГУРТА

консистенция, внешний вид и стабильность при хранении. Для производства таких продуктов необходимы функциональные ингредиенты, совместимые с пищевыми системами и обеспечивающие требуемые потребительские характеристики. Пектины широко востребованы в пищевой промышленности. Согласно Техническому регламенту Таможенного союза 029/2012, они разрешены в России для использования в пищевых продуктах. Главное свойство, на котором основано применение пектинов в пищевых системах, – гелеобразующая способность [3].

Количество нутриентов должно составлять 15 % или более от суточной нормы в одной порции продукта, чтобы полученный продукт был функциональным. Согласно методическим рекомендациям МР 2.3.1.0253-21, нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации определены в таблице 1 [4].

В настоящее время перспективным приемом в создании симбиотических функциональных продуктов является поиск и внедрение

Таблица 2 – Химический состав сырья на 100 г.

Table 2 - Chemical composition of raw materials per 100 g.

Наименование	Пищевые волокна	B1, мг	PP, мг	Fe, мг	Mg, мг	Zn, мг
Сироп топинамбура	12,3	1,3	2,7	3,4	17	0,3
Яблочный пектин	75,6	0,03	1,2	2,2	9	0
Отруби рисовые	21,0	2,8	38,0	19,0	781	6,0
Ягоды малины	9,3	0,03	0,6	1,6	22	0,42

Обоснованность данного сырья связана с работами Г.О. Филлипс, П.А. Вильямс. Пектин относится к пищевым волокнам, которые являются субстратом для развития бактериально-грибкового микросимбиоза желудочно-кишечного тракта [6]. В микросимбиозах между разными видами складываются антагонистические или синергические отношения (Е.В. Иванова, 2010), базирующиеся на различных каналах связи, включающих клеточные взаимодействия, такие как адгезия, коагрегация, генетический обмен, рецепторные распознавания (R.J. Palmer [et al.], 2006) и выработку сигнальных метаболитов, которые являются ингибиторами или стимуляторами роста (В.В. Иванова, 2007) [7, 8, 9].

Одним из механизмов выживания микроорганизмов в популяции может служить «quorum sensing», QS (М.Ю. Чернуха с соавт., 2006) [10]. Аутоиндукторами QS-регуляции признаны олигопептиды, гомосеринлактоны

и др. С их помощью осуществляется передача информации между отдельными клетками бактерий, принадлежащих к одному или к разным видам, родам или даже семействам (Ю.А. Николаев, 2011) [11]. Показано, что у симбиотических грамотрицательных бактерий под контролем QS-системы, включающей гомологичные LuxR и LuxI-белки, рецепторный белок и гомосеринлактон, находятся функции: синтез факторов вирулентности (токсина А, эластаза, экзопроотеаза и др.) и биосинтез фенозиновых антибиотиков у псевдомонад (И.А. Хмель, 2006) [12]. Установлено, что формирование псевдомицелия у грибов ингибируется сигнальными молекулами QS-системы (3-оксо-С₁₂-ацил-гомосерин-лактоном), вырабатываемым *P. aeruginosa* (О.Н. Пинегина, 2008) [13].

Таблица 1 – Физиологическая потребность в нутриентах

Table 1 – Physiological need for nutrients

Наименование нутриента	Количество, мг
Пищевые волокна	20 г
B1	1,8
PP	20
Железо	10
Магний	400
Цинк	12

На основании данных химического состава пищевых продуктов И.М. Скурихина, было выбрано растительное сырье, богатое этими нутриентами для обогащения кислomолочной основы и составлена таблица 2 [5].

и др. С их помощью осуществляется передача информации между отдельными клетками бактерий, принадлежащих к одному или к разным видам, родам или даже семействам (Ю.А. Николаев, 2011) [11]. Показано, что у симбиотических грамотрицательных бактерий под контролем QS-системы, включающей гомологичные LuxR и LuxI-белки, рецепторный белок и гомосеринлактон, находятся функции: синтез факторов вирулентности (токсина А, эластаза, экзопроотеаза и др.) и биосинтез фенозиновых антибиотиков у псевдомонад (И.А. Хмель, 2006) [12]. Установлено, что формирование псевдомицелия у грибов ингибируется сигнальными молекулами QS-системы (3-оксо-С₁₂-ацил-гомосерин-лактоном), вырабатываемым *P. aeruginosa* (О.Н. Пинегина, 2008) [13].

В микросимбиозах сложилось подвижное равновесие между доминантными микробами, определяющими колонизационную рези-

стентность организма хозяина и ассоциативными микроорганизмами (О.В. Бухарин с соавт., 2006) [14]. Установлено, что экзометаболиты микросимбионтов обладают плейотропным действием и угнетают размножение условно-патогенных микроорганизмов. Установлено, что данная функция реализуется путем конкуренции за питательные вещества и локусы адгезии (Я.С. Циммерман, 2008) [15]. По мнению В.С. Бондаренко (2007), при нормобиоценозе биотопа за счет продукции лизоцима, органических кислот и метаболитов аутохтонной микробиоты биотопа снижается кислотность среды, что угнетает развитие микромицетов [16]. Доказано, что антагонистами грибной микробиоты в кишечнике являются бифидумбактерии, бактероиды, лактобактерии и кишечные палочки лактозопозитивные, продуцирующие уксусную, молочную кислоты, перекись водорода и бактериоцины (А.С. Быков с соавт., 2008) [17].

Одним из важнейших свойств микроорганизмов являются факторы персистенции и ростовые факторы, благодаря которым микробиота приобретает способность к заселению различных экологических ниш и адаптации к защитно-регуляторным системам хозяина (О.В. Бухарин с соавт., 2007) [14].

Полезные свойства топинамбура показаны в работах А.Н. Кузнецовой. Они обусловлены высоким содержанием инулина, различных витаминов и таких микроэлементов, как калий, кремний, фосфор, железо, цинк. Активные вещества топинамбура усиливают иммунозащитные функции организма, влияют на выведение радионуклидов и тяжелых металлов, участвуют в процессе снижения концентрации глюкозы в крови, нормализации жирового и углеводного обмена [18].

Инулин, содержащийся в топинамбуре – растительный полисахарид, растворимое диетическое волокно, сильный природный пребиотик, обеспечивает рост собственной микробиоты.

Для получения нового функционального продукта, направленного на улучшение работы желудочно-кишечного тракта в качестве основного ингредиента, выбран йогурт, так как содержит в своем составе пробиотики. Для достижения симбиотического эффекта предполагается внести в йогурт комплексную пищевую добавку. Сконструированная КПД в своем составе содержит яблочный пектин, сироп топинамбура и рисовые хлопья, богатые пищевыми волокнами, а также ягоды малины, обеспечивающие необходимые органолептические свойства.

Для повышения симбиотических свойств предусматривается обогащение лиофилизиро-

ванным бактериальным концентратом *Bifidobacterium longum* (*B. longum*). Исходя из проведенного математического моделирования, составлена рецептура продукта и приведена в таблице 3.

Таблица 3 – Рецептура функционального йогурта

Table 3 - Functional yogurt recipe

Наименование	Количество на одну порцию, г	Количество на 100 г
Йогурт	120	85,4
Яблочный пектин	2	1,5
Сироп топинамбура	5	3,6
Рисовые хлопья	8	5,7
Ягоды малины	5	3,6
Концентрат <i>B. longum</i>	0,5	0,2
Итого с учетом потерь	140	100

Согласно ГОСТ Р 52349-2005, функциональный пищевой ингредиент – это живые микроорганизмы, вещество или комплекс веществ, входящие в состав функционального пищевого продукта в количестве не менее 15 % от суточной физиологической потребности, в расчете на одну порцию продукта, обладающие способностью оказывать научно обоснованный и подтвержденный эффект физиологических функций [19].

В соответствии с существенными признаками, входящими в определение термина функциональный пищевой ингредиент, в таблице 4 приведены функциональные пищевые ингредиенты, влияющие на работу ЖКТ.

Согласно Методическим рекомендациям МР 2.3.1.0253-21 (Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения РФ), физиологическая потребность в пищевых волокнах для взрослого человека составляет 30 г/сутки [4].

Предложенная рецептура симбиотического йогурта обладает функциональными свойствами, т.к. имеет в своем составе функциональные ингредиенты в количестве более 15 % от суточной нормы потребления. Следовательно, йогурт можно позиционировать как продукт для профилактики желудочно-кишечного тракта.

АНАЛИЗ РЕЦЕПТУРЫ И СВОЙСТВ СИМБИОТИЧЕСКОГО ЙОГУРТА

Таблица 4 – Функциональные пищевые ингредиенты

Table 4 - Functional Food Ingredients

Эффект поддержания деятельности желудочно-кишечного тракта	Пищеварение и функциональное состояние желудочно-кишечного тракта	Поддержание и улучшение состояния слизистой оболочки желудочно-кишечного тракта	Пребиотики
	Пищеварение и функциональное состояние желудочно-кишечного тракта	Контроль функциональных свойств кишечной иммунокомпетентной лимфатической ткани	Пробиотики, пребиотики, синбиотики
	Моторно-эвакуаторная функция кишечника	Обеспечение образования и ассимиляции короткоцепочечных жирных кислот	Пребиотики, синбиотики
		Уменьшение времени транзита пищевой массы	Пищевые волокна
		Обеспечение формирования стула	Пищевые волокна

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследования использовался приготовленный по разработанной рецептуре симбиотический йогурт.

Идентификация йогурта включала исследования физико-химических, органолептических и микробиологических показателей. С помощью органолептических показателей можно определить динамику таких показателей, как внешний вид, консистенцию, цвет, вкус запах на конец срока годности [20].

Определение количества пищевых волокон проводилось согласно ГОСТ Р 54014-2010 Продукты пищевые функциональные. Определение растворимых и нерастворимых пищевых волокон – ферментативно-гравиметрическим методом. Метод основан на ферментативном гидролизе крахмальных и некрахмальных соединений с помощью альфа-амилазы, протеазы и амилоглюкозидазы до моно-, ди-, олигосахаридов и пептидов. Пищевые волокна осаждали этиловым спиртом, высушивали и определяли гравиметрическим методом [21].

Определение массовой доли влажности и сухого молочного обезжиренного остатка (СОМО) проводили методом высушивания до постоянной массы при $T = 102 \pm 20$ С согласно ГОСТ Р 54668-2011 [22].

Количество витаминов группы В определяли согласно ГОСТ 32042-2012 Премиксы. Методы определения витаминов группы В. Сущность метода определения тиамин заключалась в его извлечении из анализируемой пробы раствором серной кислоты, окислении его раствором железосинеродистого калия в тиохром, экстракции окисленной формы из водной фазы изобутиловым

спиртом и измерении интенсивности флуоресценции [23].

Общее содержание железа в йогурте определяли согласно ГОСТ 26928-86 Продукты пищевые. Метод определения железа [24].

Содержание магния определяли согласно ГОСТ EN 15505-2013 Продукты пищевые. Определение следовых элементов. Определение натрия и магния с помощью пламенной атомно-абсорбционной спектрометрии с предварительной минерализацией пробы в микроволновой печи [25].

Определение цинка проводили согласно ГОСТ 26934-86 Сырье и продукты пищевые. Метод определения цинка [26].

Витамин РР определяли согласно ГОСТ Р 50479-93 Продукты переработки плодов и овощей. Метод определения содержания витамина РР. Метод основан на освобождении витамина РР путем гидролиза, очистке гидролизата от мешающих определению веществ, количественном получении окрашенного глутаминового альдегида, интенсивность окраски которого измеряют фотометрически [27].

Основными показателями, обуславливающими полезные свойства кисломолочного продукта, является количество молочнокислых бактерий, которое определялось согласно ГОСТ 33951-2016 Молоко и молочная продукция. Методы определения молочнокислых микроорганизмов. Метод основан на способности развиваться мезофильных молочнокислых бактерий в обезжиренном молоке при температуре (30 ± 1) °С, а термофильных молочнокислых бактерий – при (37 ± 1) °С, сбраживая лактозу до молочной кислоты с образованием сгустка в течение 72 ч [28].

Микробиологический контроль йогурта проводили на приборе «БакТрак 4300» фир-

мы SY – LAB GerateGmbH (Австрия) по методике МУК 4.2.2578-10 «Санитарно-бактериологические исследования методом разделенного импеданса». Данный прибор высокопроизводителен, так как исследовал одновременно 32 образца. Экспресс-анализатор "БакТрак 4300" регистрировал изменения электрического сопротивления питательной среды, происходящего под влиянием процессов роста и жизнедеятельности микроорганизмов в исследуемой пробе.

При пересечении заданных пороговых значений для Е-параметра проба оценивалась автоматически.

Санитарное состояние продукта оценивали по общему количеству мезофильных аэробных и факультативных анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ) в 1 см³ (мл) или в 1 г субстрата. Общее количество микроорганизмов определяли на питательной среде BiMedia 001B (производитель фирма HiMedia) при температуре 30 °С.

Санитарно-показательные бактерии группы кишечной палочки – БГКП (рода Escherichia, Shigella, Salmonella, Citrobacter) культивировали на среде обогащения – забуференная пептонная вода, листерии – на питательном бульоне для выделения и культивирования листерий в течение суток, определяли показатели загрязнения, затем пересеивали на питательные среды BiMedia 205A, 401A, XLD (Xylose-Lysine-Desoxycholate Agar), Плоскирева, Клигlera, Симмонса и Кристенсенадля идентификации родовой и видовой принадлежности. Все посева культивировали при температуре 37 °С. Продукт оценивали как «чистый» без ограничений по санитарно-бактериологическим показателям при отсут-

ствии патогенных бактерий и индексе санитарно-показательных микроорганизмов до 10 клеток на грамм субстрата (СанПин 2.1.7.1287-03) [29].

Результаты статистически обработаны. Программное обеспечение на микробиологическом анализаторе "Бик Трак 4300" представлено: «Микро Трак» – программой, осуществляющей управление данными, контроль за ходом измерения и получением результатов анализа и «Микро Ассист» – программой для дальнейшей работы с результатами измерения.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В связи с тем, что йогурт относится к скоропортящимся продуктам, очень важным условием его безопасного употребления является правильное хранение.

В йогурте были определены сухой обезжиренный молочный остаток, результаты представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Физико-химические показатели йогурта

Table 5 - Physico-chemical parameters of yogurt

Наименование показателя	Требования	Результаты исследований
СОМО, %	Не менее 8,5	8,9

Химический состав функционального продукта питания определен лабораторными методами и представлен в таблице 6.

Таблица 6 – Химический состав функционального йогурта

Table 6 - The chemical composition of functional yogurt

Количество	Пищевые волокна, г	В1,мг	PP,мг	Fe,мг	Mg,мг	Zn,мг
140 г	3,81	0,34	4,95	1,86	82,26	0,995
Норма:	20	1,8	20	10	400	12
% от нормы:	19,0	18,9	24,8	18,6	20,6	8,3

Согласно данным таблицы 6, был получен по химическому составу йогурт, обладающий функциональными свойствами, т.к. имеет в своем составе необходимые нутриенты более 15 %. Данный функциональный продукт содержит в себе пищевые волокна (19,04 %), витамины – В1 (18,87 %), РР (24,75 %), и минеральные вещества – Fe (18,53 %), Mg (20,57 %).

В результате проведенной оценки изменения показателей относительно срока годности было отмечено, что в образцах йогуртов функционального назначения к третьим суткам цвет не изменился, консистенция осталась изначальной, все органолептические показатели соответствовали требованиям. К окончанию срока годности органолептические характеристики также сохранились.

АНАЛИЗ РЕЦЕПТУРЫ И СВОЙСТВ СИМБИОТИЧЕСКОГО ЙОГУРТА

В результате исследований на конец срока годности йогурта были определены микробиологические показатели йогурта, которые представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Микробиологические показатели йогурта

Table 7 - Microbiological indicators of yogurt

Наименование показателя	Нормативы	Результаты исследований
<i>B. longum</i> КОЕ/ г (см3)	Не менее 1×10^6	$3,2 \times 10^8$ *
КМАФАнМ, КОЕ/см3 (г)	не менее 1×10^7	$3,2 \times 10^7$
БГКП	0,01	Не обнаружены
<i>S.aureus</i>	1,0	Не обнаружены

Примечание: * - $p \leq 0,05$.

Подходящий температурный режим для каждого вида продукта помогает сохранить все полезные бифидо- и лактобактерии. Но количество пробиотических бактерий в йогурте к концу срока годности может значительно снижаться. Меньше всего хранятся био йогурты, в которых содержатся живые кисломолочные бактерии в высокой концентрации. Их максимальное время пребывания в холодильнике – 7 суток от даты выпуска при температуре + 2...+ 4 °С.

Индекс КМАФАнМ – интегрированный показатель, представленный различными таксономическими группами микроорганизмов, который дает представление об эпидемической обстановке региона и процессах самоочищения биотопа. КМАФАнМ – наиболее распространенный тест на микробную безопасность. При этом исходят из предположения, что чем больше продукт загрязнен органическими веществами, тем выше КМАФАнМ и тем вероятнее присутствие патогенов. В ходе работы установили, что модифицированный продукт экологически безопасен и чист.

Учитывая, что пищевые продукты являются факторами передачи кишечных инфекций, то прямое обнаружение патогенных микробов в микросимбиозе проводится только при расследовании вспышек инфекционных заболеваний. В качестве косвенных показателей служат данные фекальной загрязненности объекта. В изучаемом образце не обнаружены бактерии группы кишечной палочки и золотистого стафилококка.

Таким образом, проведенные исследования показали влияние условий хранения на показатели безопасности функционального йогурта, а также на количество молочнокис-

лых микроорганизмов в составе йогурта. Анализируемый йогурт функционального назначения удовлетворяет всем требованиям качества и безопасности на конец срока годности, регламентируемым вышеперечисленными актуальными нормативными документами.

ВЫВОДЫ

В процессе данной работы была сконструирована рецептура и проанализирован состав функционального йогурта. Дана характеристика сырья и дополнительных ингредиентов для создания нового инновационного продукта функционального назначения. Проведенные лабораторные исследования по определению химического состава, микробиологических показателей инновационной продукции доказали соответствие свойств функционального продукта. Функциональный йогурт с комплексной пищевой добавкой имеет внешний вид продукта массового потребления и соответствует органолептическим показателям.

В соответствии с методами определены биологически активные вещества йогурта, выбор которых зависит от направленности и состава продукции. Разработанная рецептура йогурта имеет симбиотическое взаимодействие пробиотиков и пребиотиков и предполагает использовать продукт для улучшения работы желудочно-кишечного тракта. Пищевые волокна, являясь пребиотиком, улучшают переваривание, пектин подавляет развитие условно-патогенных бактерий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пилат Т.Л., Кузьмина Л.П., Гуревич К.Г., Анварул Н.А. Нутрициологическая профилактика и реабилитация при заболеваниях желудочно-кишечного тракта. ФГБНУ “Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н.Ф. Измерова”, 2019. 36 с.
2. Тригуб В.В., Николенко М.В. Изучение качества и безопасности молочных продуктов // Ползуновский вестник. 2020. № 3. С. 44–47.
3. Аверьянова Е.В., Школьников М.Н. Пектин: методы выделения и свойства. Методические рекомендации. Изд-во Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова, 2015. 42 с.
4. МР 2.3.1.0253-21 Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации. Официальное издание. М. : Роспотребнадзор, 2021.
5. Скурихин И.М., Тутельян В.А. Химический состав российских продуктов питания : справочник. М. : ДеЛипринт, 2002. 236 с.

6. Филлипс Г.О., Вильямс П.А. (ред.) : справочник по гидроколлоидам / пер. с англ.; под ред. А.А. Кочетковой и Л.А. Сарафановой. ГИОРД, 2006. 536 с.

7. Иванова Е.В. Биологические свойства бифидумбактерий и их взаимодействие с микросимбионтами кишечной микрофлоры человека : автореф. дис. ... канд мед. наук. Оренбург, 2010. 15 с.

8. Palmer R.J. Rapid succession within the Veillonellapopulation of a developing human oral biofilm in situ // J. Bacteriol. 2006. Vol. 188. P. 4117–4124.

9. Иванова В.В. Комплексный подход к восстановлению микрофлоры. Современный взгляд на коррекцию дисбиозов / Вектор-БиАльгам, 2007. 48 с.

10. Чернуха М.Ю., Шагинян И.А. Роль регуляторной системы «Quorum sensing» в симбиотическом взаимодействии бактерий BURKHOLDERIACEPACIA и PSEUDOMONASAERUGINOSA при смешанной инфекции // ЖМЭИ. 2006. № 4. С. 32–37.

11. Николаев Ю.А., Плакунов В.К. Биопленка «город микробов» или аналог многоклеточного организма? // Микробиология. 2007. № 2. С. 149–163.

12. Хмель И.А. «Quorum sensing» – регуляция экспрессии генов, фундаментальные и прикладные аспекты, роль в коммуникации бактерий // Микробиология. 2006. № 4. С. 457–464.

13. Пинегина О.Н. Ассоциативные взаимодействия микромицетов с другими микроорганизмами // Проблемы медицинской микологии. 2008. № 2. С. 72.

14. Бухарин О.В. Проблемы персистенции патогенов в инфектологии // ЖМЭИ. 2006. № 4. С. 4–8.

15. Циммерман Я.С. Дисбиоз (дисбактериоз) кишечника и/или синдром избыточного бактериального роста // Гастроэнтерология. 2008. № 4. С. 34–37.

16. Бондаренко В.М. Роль условно-патогенных бактерий кишечника в полиорганной патологии человека. Изд-во Триада, 2007. 64 с.

17. Быков А.С., Пашков Е.П. Медицинская микробиология, вирусология и иммунология. Медицинское информационное агентство, 2008. 704 с.

18. Кузнецова, А.Н. Йогурт с топинамбуром как продукт для функционального, профилактического и лечебного питания. Ростов-на-Дону, 2016. 3 с.

19. ГОСТ Р 52349-2005. Продукты пищевые. Продукты пищевые функциональные. Термины и определения. дата введения 2005-01-01. Москва : Стандартинформ, 2005. 15 с.

20. ГОСТ Р 54060-2010 Продукты пищевые функциональные : национальный стандарт Российской Федерации. дата введения 2012-01-01. Москва : Стандартинформ, 2012. 7 с.

21. ГОСТ Р 54014-2010 Продукты пищевые функциональные. Определение растворимых и нерастворимых пищевых волокон ферментативно-гравиметрическим методом ; дата введения 2010-01-01. Москва : Стандартинформ, 2010. 16 с.

22. ГОСТ Р 54668-2011. Молоко и продукты переработки молока. Методы определения массовой доли влаги и сухого вещества ; дата введения 2013-01-01. Москва : Стандартинформ, 2013. 11 с.

23. ГОСТ 32042-2012 Премиксы. Методы определения витаминов группы В ; дата введения 2012-

01-01. Москва : Стандартинформ, 2012. 15 с.

24. ГОСТ 26928-86 Продукты пищевые. Метод определения железа ; дата введения. 1986-01-01. Москва : Стандартинформ, 1986. 23 с.

25. ГОСТ EN 15505-2013 Продукты пищевые. Определение следовых элементов. Определение натрия и магния с помощью пламенной атомно-абсорбционной спектрометрии с предварительной минерализацией пробы в микроволновой печи ; дата введения 2013-01-01. Москва : Стандартинформ, 2013. 16 с.

26. ГОСТ 26934-86 Сырье и продукты пищевые. Метод определения цинка ; дата введения 1986-01-01. Москва : Стандартинформ, 1986. 31 с.

27. ГОСТ Р 50479-93 Продукты переработки плодов и овощей. Метод определения содержания витамина РР ; дата введения 1993-12-01. Москва : Стандартинформ, 1993. 19 с.

28. ГОСТ 33951-2016 Молоко и молочная продукция. Методы определения молочнокислых микроорганизмов ; дата введения 2016-01-01. Москва : Стандартинформ, 2016. 12 с.

29. СанПиН 2.1.7.1287-03 Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы. Введен на основании Федерального закона "О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения" от 30 марта 1999 г. № 52-ФЗ и "Положения о государственном санитарно-эпидемиологическом нормировании", утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 июля 2000 г. № 554.

Информация об авторах

С. Ю. Яковлева – магистрант, Тюменский индустриальный университет.

В. В. Тригуб – к.б.н., доцент кафедры товароведения и технологии продуктов питания, Тюменский индустриальный университет.

М. В. Николенко – д.б.н., профессор кафедры товароведения и технологии продуктов питания, Тюменский индустриальный университет.

В. В. Попов – д.т.н., профессор кафедры товароведения и технологии продуктов питания, Тюменский индустриальный университет.

REFERENCES

1. Pilat, T.L., Kuzmina, L.P., Gurevich, K.G. & Anvarul, N.A. (2019). Nutritional prevention and rehabilitation in diseases of the gastrointestinal tract // FSBI "Scientific Research Institute of Occupational Medicine named after Academician N.F. Izmerov". P. 36. (In Russ.).

2. Trigub, V.V. & Nikolenko, M.V. (2020). Studying the quality and safety of dairy products. Polzunovsky Vestnik. (3). 44-47. (In Russ.).

3. Averyanova, E.V. & Shkolnikova, M.N. (2015). Pectin: methods of isolation and properties. Methodological recommendations. Publishing House

of the Altai State Technical University named after I.I. Polzunov. P 42. (In Russ.).

4. MP 2.3.1.0253-21 (2021). Norms of physiological needs for energy and nutrients for various groups of the population of the Russian Federation. Moscow : Rospotrebnadzor. (In Russ.).

5. Skurihin, I.M. & Tutel'yan, V.A. (2002). Chemical composition of Russian food products: Handbook. DeLiprint. (In Russ.).

6. Phillips, G.O. & Williams, P.A. (2006). Handbook of hydrocolloids. GIRD. P.536. (In Russ.).

7. Ivanova, E.V. (2010). Biological properties of bifidobacteria and their interaction with microsymbionts of human intestinal microflora: abstract ... Candidate of Medical Sciences. P. 15. (In Russ.).

8. Palmer, R.J., Diaz, P.I., Palmer, R.J. & Kolenbrander, P.E. (2006). Rapid succession within the Veillonella population of a developing human oral biofilm in situ (188). 4117-4124.

9. Ivanova, V.V. (2007). An integrated approach to the restoration of microflora. A modern view on the correction of dysbiocenoses. Vector-BiAlgam. P. 48. (In Russ.).

10. Chernukha, M.Yu. & Shaginyan, I.A. (2006). The role of the regulatory system "Quorum sensing" in the symbiotic interaction of bacteria BURKHOLDERIA CEPACIA and PSEUDOMONAS AERUGINOSA in mixed infection /. ZHMEI (4). 32-37. (In Russ.).

11. Nikolaev, Yu.A. & Plakunov, V.K. (2007). Biofilm - "city of microbes" or analog a multicellular organism? Microbiology (2). 149-163. (In Russ.).

12. Khmel, I.A. (2006). "Quorum sensing" - regulation of gene expression, fundamental and applied aspects, role in bacterial communication. Microbiology (4). 457-464. (In Russ.).

13. Pinegina, O.N. (2008). Associative interactions of micromycetes with other microorganisms. Problems of medical mycology (2). P. 72. (In Russ.).

14. Bukharin, O.V. (2006). Problems of persistence of pathogens in infectology. ZHMEI (4). 4-8. (In Russ.).

15. Zimmerman, Ya.S. (2008). Intestinal dysbiosis (dysbiosis) and / or the syndrome of excessive bacterial growth. Gastroenterology (4). 34-37. (In Russ.).

16. Bondarenko, V.M. (2007). The role of conditionally pathogenic intestinal bacteria in human multiple organ pathology. LLC Publishing House Triada. P. 64 (In Russ.).

17. Bykov, A.S. & Pashkov, E.P. (2008). Medical microbiology, virology and immunology. LLC "Medical information Agency". P. 704. (In Russ.).

18. Kuznetsova, A.N. (2016). Yogurt with Jerusalem artichoke as a product for functional, preventive and therapeutic nutrition. Rostov-on-Don. P. 3. (In Russ.).

19. Food products. Functional food products. Terms and definitions (2005). HOST R 52349-2005. from 1 January 2005. Moscow: Standartinform. (In Russ.).

20. Functional food products : national standard of the Russian Federation (2012). HOST R 54060-2010. from 1 January 2012. Moscow : Standartinform. (In Russ.).

21. Functional food products. Determination of soluble and insoluble dietary fibers by enzymatic gravimetric method (2010). HOST R 54014-2010. from 1 January 2010. Moscow : Standartinform. (In Russ.).

22. Milk and milk processing products. Methods for determining the mass fraction of moisture and dry matter (2011). HOST R 54668-2011. from 1 January 2011. Moscow : Standartinform. (In Russ.).

23. Premixes. Methods for the determination of B vitamins (2012). HOST 32042-2012. from 1 January 2012. Moscow : Standartinform. (In Russ.).

24. Food products. Method of determination of iron (1986). HOST 26928-86. from 1 January 1986. Moscow : Standartinform. (In Russ.).

25. Food products. Determination of trace elements. Determination of sodium and magnesium using flame atomic absorption spectrometry with preliminary mineralization of the sample in a microwave oven (2013). HOST EN 15505-2013. from 1 January 2013. Moscow : Standartinform. (In Russ.).

26. Raw materials and food products. Method of determination of zinc (1986). HOST 26934-86. from 1 January 1986. Moscow : Standartinform. (In Russ.).

27. Fruit and vegetable processing products. Method for determining the content of vitamin PP (1993). HOST R 50479-93 [Text]. from 12 January 1993. Moscow : Standartinform. (In Russ.).

28. Milk and dairy products. Methods for the determination of lactic acid microorganisms (2016). HOST 33951-2016 from 1 January 2016. Moscow : Standartinform. (In Russ.).

29. Sanitary and epidemiological requirements for soil quality (2003). SanPiN 2.1.7.1287-03. Moscow : Standartinform. (In Russ.).

Information about the authors

S. Yu. Yakovleva - master's student, Tyumen Industrial University.

V. V. Trigub - Candidat of Biological Sciences, Associate of the Department of Commodity Science and Food Technology, Tyumen Industrial University.

M. V. Nikolenko - Doctor of Biological Sciences, Professor of the 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 28.03.2022; одобрена после рецензирования 06.05.2022; принята к публикации 17.05.2022.

The article was received by the editorial board on 28 Mar 22; approved after reviewing on 6 May 22; accepted for publication on 17 May 22.



Научная статья

05.18.15 – Технология и товароведение пищевых продуктов и функционального и специализированного назначения и общественного питания (технические науки)

УДК 663.471.2.002.3-021.465

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.02.010



ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СВЕТЛОГО ПИВА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ НЕСОЛОЖЕННОЙ ОБЖАРЕННОЙ ГРЕЧИХИ

Роман Вячеславович Грушин¹, Марина Николаевна Колесниченко²,
Инна Борисовна Дворяткина³

^{1,2,3} Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, Барнаул, Россия

¹ rom.gruschin@yandex.ru <https://orcid.org/0000-0002-3738-527X>

² mar.kolesnichenko2012@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8843-4705>

³ inna_11_96@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8684-8031>

Аннотация. Представлены возможности использования растительного сырья для повышения органолептических, физико-химических и микробиологических качеств светлого пива. Исследование влияния обогащения несоложенной гречихой светлого пива в процессе производства на ход изменения массовой доли сухих веществ (мальтоза, глюкоза, фруктоза и т.д.), на динамику изменения объемной доли этилового спирта, а также физиологическое состояние пивоваренных дрожжей в процессе главного брожения. На основании органолептической оценки выявлен положительный результат при добавлении несоложенной гречихи в пиво.

Ключевые слова: гречиха, гречишное пиво, глютен, целиакия, специальное пиво, светлое пиво, брожение, пивные дрожжи, охмеление, ячменный солод, несоложеное сырье, обжаренная гречиха, пивное сусло, инфузионное затирание, мелланоидины, экстрактивные вещества, пиво.

Для цитирования: Грушин, Р. В., Колесниченко, М. Н., Дворяткина, И. Б. Повышение качественных характеристик светлого пива при использовании несоложенной обжаренной гречихи // Ползуновский вестник. 2022. № 2. С. 74–81. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.02.010. EDN: <https://elibrary.ru/hhngcg>.

Original article

IMPROVING THE QUALITY CHARACTERISTICS OF LIGHT BEER WHEN USING MOLT-FREE ROASTED BUCKWHEAT

Roman V. Gruschin ¹, Marina N. Kolesnichenko ², Inna B. Dvoryatkina ³

^{1, 2, 3} Polzunov Altai State Technical University, Barnaul, Russia

¹ rom.gruschin@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3738-527X>

² mar.kolesnichenko2012@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8843-4705>

³ inna_11_96@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8684-8031>

Abstract. *The possibilities of using vegetable raw materials to increase the organoleptic, physico-chemical and microbiological qualities of light beer are presented. Investigation of the effect of enrichment of beer with unsalted buckwheat in the production process on the dynamics of changes in the mass fraction of dry substances, on the dynamics of changes in the volume fraction of ethyl alcohol, as well as the physiological state of brewing yeast during the main fermentation. Based on the organoleptic evaluation, a positive result was revealed when adding unsalted buckwheat to beer.*

Keywords: *buckwheat, buckwheat beer, gluten, celiac disease, special beer, light beer, fermentation, brewer's yeast, hopping, barley malt, free-malt materials, roasted buckwheat, beer wort, infusion mashing, melanoidins, extractives, beer.*

For citation: Gruschin, R. V., Kolesnichenko, M. N. & Dvoryatkina, I. B. (2022). Improving the quality characteristics of light beer when using molt-free roasted buckwheat. *Polzunovskiy vestnik*, (2), 74-81. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.02.010.

ВВЕДЕНИЕ

На данный момент существует несколько базовых способов получения пива. Каждый производитель по-своему определяет достоинства и недостатки определенных технологий и предпринимает модификации и совершенствования их для улучшения качества и оригинальности продукции [1, 2].

В последнее время вырос спрос на крафтовое пивоварение, в частности на продукты, обогащенные вкусо-ароматическими и функциональными ингредиентами, например, вишню, клубнику, лимон, имбирь и т. д. [3].

Гречиха практически не содержит глютен, и поэтому ее актуально использовать при производстве безглютеновой продукции. Данная тема несет в себе перспективу, так как поступает большое количество информации от СМИ о проблемах с пищевыми непереносимостями. К этой группе можно отнести целиакию – расстройство аутоиммунного характера, также именуемое глютеновой непереносимостью [4].

Цель работы: определение актуальности использования обжаренной несоложенной гречихи при частичном замещении ячменного солода на органолептические и физико-

химические показатели в молодом и готовом пиве.

МЕТОД

Пиво производилось по классической инфузионной технологической схеме, и для проведения пробных исследований были подобраны два вида хмеля: ароматный – «Жа-тецкий» и горько-ароматический – «Чувашский», пивные дрожжи низового брожения *Saccharomyces cerevisiae* штамма 8-а (М), которые обладают высокой скоростью сбраживания сахаров и позволяют получить широкий диапазон значимых побочных продуктов брожения, солод пивоваренный ячменный светлый, гречиха обжаренная несоложенная [5, 6].

УСЛОВИЯ

Исследования велись в лаборатории ЗАО «Волчихинский пивоваренный завод», а также в лаборатории пивоварения кафедры «Технология бродильных производств и виноделия» Алтайского государственного технического университета им И.И. Ползунова».

ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для разработки технологии светлого пива и проведения опытов было использовано сырье, представленное в таблице 1.

Таблица 1 – Сырье, используемое в работе

Table 1 - Raw materials often used

Наименование сырья	Производитель
Солод Pilsner	«Курский Солод», Россия
Хмель Подвязный	Чувашская республика, Россия
Хмель Жатецкий	Чехия
Дрожжи 8-а (М)	–
Крупа гречневая ядрица	Алтайский край, Россия
Подготовленная вода	–

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

После пробной варки пива с частичной заменой ячменного солода необжаренной гречихой дегустационной комиссией был сделан вывод, что по сумме баллов органолептического анализа опытный образец не отличался от классического ячменного пива. Тогда было принято решение обжарить гречиху для образования меланоидинов и раскрытия характерного аромата. Время обжарки – 40 минут при температуре 190 °С.

В лабораторных условиях готовили 3 образца пивного сусла с заменой ячменного солода на обжаренную гречиху в количестве 5 %, 10 %, 15 % в заторе. Контролем служил четвертый образец пивного сусла с 100 %-ым содержанием ячменного солода.

- 1) Контроль – 100 % ячменного солода.
- 2) Опыт № 1 – 95 % ячменного солода и 5 % обжаренной гречихи.
- 3) Опыт № 2 – 90 % ячменного солода и 10 % обжаренной гречихи.
- 4) Опыт № 3 – 85 % ячменного солода и 15 % обжаренной гречихи.

Процесс главного брожения контролировался на 1, 3, 5 и 7 сутки по следующим показателям: массовая доля сухих веществ, титруемая кислотность, объемная доля этилового спирта, количество и упитанность дрожжевых клеток.

Тенденция изменения массовой доли растворимых сухих веществ представлена на рисунке 1.

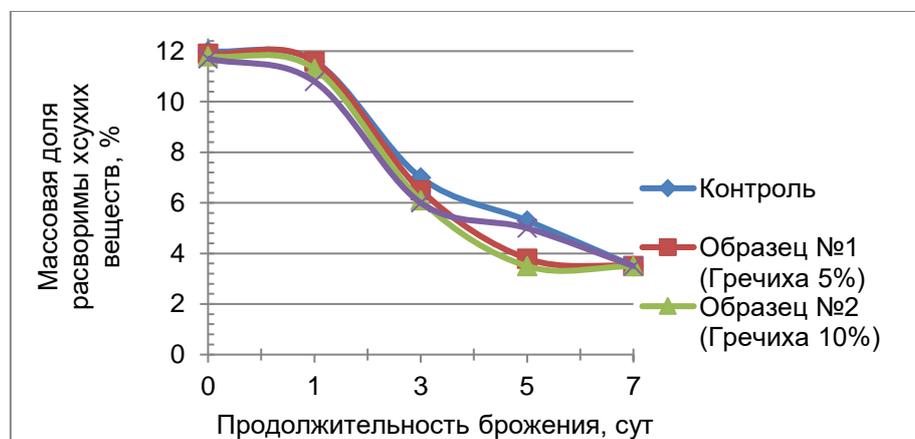


Рисунок 1 – Тенденция изменения массовой доли растворимых сухих веществ

Figure 1 - The trend in the mass fraction of soluble solids

В ходе проведенного определения было выявлено, что в течение 7 суток как в контроле, так и в опытных образцах, наблюдалось снижение концентрации сухих веществ. Данный процесс связан с переходом экстрактивных веществ в продукты брожения, что свидетельствует о нормальном ходе брожения.

Из графика на рисунке 1 видно, что из-за частичной замены ячменного солода гречи-

хой, снизилась начальная плотность сусла, т.к. гречиха имеет очень низкую экстрактивность.

О ходе главного брожения и количестве сброженного экстракта судят по расчетной конечной степени сбраживания.

Конечная степень сбраживания представлена на рисунке 2.

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СВЕТЛОГО ПИВА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ НЕСОЛОЖЕННОЙ ОБЖАРЕННОЙ ГРЕЧИХИ

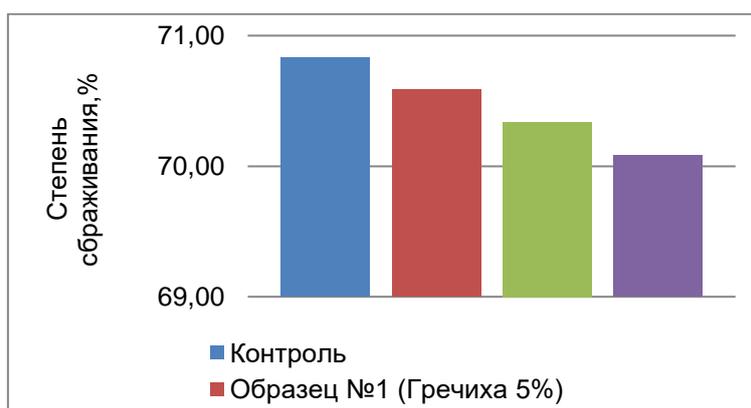


Рисунок 2 – Конечная степень сбраживания исследуемых образцов

Figure 2 - The final degree of fermentation of the studied samples

На рисунке 2 видим, что предельно высокая степень сбраживания наблюдалась в контрольном образце (70,83 %). В образце № 1 (5 % гречишного солода) и № 2 (10 % гречишного солода) степень сбраживания составила 70,59 % и 70,34 % соответственно. Образец № 3 с самой низкой степенью сбраживания – 70,05 %.

Таким образом, можно сделать вывод, что разбавление несоложенной гречихой ячменного солода оказывает незначительное влияние, т.к. расхождение в результатах менее 1 %.

В процессе главного брожения пивного сусла происходило заметное увеличение кислотности. Полученные результаты представлены на рисунке 3.

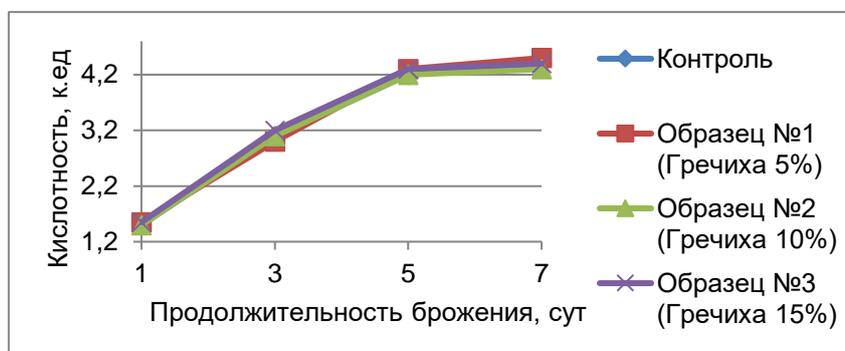


Рисунок 3 – Динамика изменения кислотности пивного сусла

Picture 3 - Dynamics of changes in the acidity of beer wort

Анализируя рисунок 3, можно отметить, что во всех четырех образцах наблюдалось увеличение кислотности в течение семи суток. Так, в конце главного брожения кислотность в контроле и в образце № 3 (Гречиха 15 %) составила 4,4 к.ед., в образце № 1

(Гречиха 5%) – 4,5 к.ед. Самая низкая кислотность наблюдалась в образце № 2 (Гречиха 10%) – 3,9 к.ед.

Тенденция изменения объемной доли этилового спирта при сбраживании пивного сусла представлена на рисунке 4.

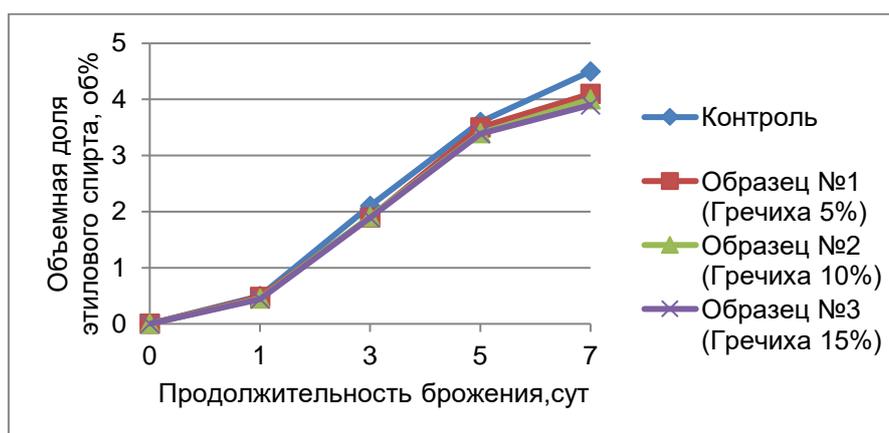


Рисунок 4 – Тенденция изменения объемной доли этилового спирта в пивном сусле

Figure 4 - The trend of change in the volume fraction of ethyl alcohol in beer wort

Из рисунка 4 следует, что на протяжении семи суток концентрация этилового спирта нарастала равномерно как в контрольном, так и в опытных образцах с использованием обжаренной гречихи. Данный показатель свидетельствует о нормальном течении бродительной активности на протяжении всего процесса главного брожения.

Содержание объемной доли этилового спирта в опытных образцах практически соответствовало показателям контрольного образца в течение всего хода брожения. В контрольном образце с содержанием 100 % ячменного солода объемная доля этилового спирта на 7 сутки составила 4,5 об.%, в опытном образце № 1 (Гречиха 5 %) – 4,1 об.%. Наименьшие показатели среди анализируемых образцов регистрировались в образцах № 2 и № 3 и составили 4,0 об.% и 3,9 об.% соответственно, что практически одинаково в сравнении с контролем.

На основании полученных результатов опыта можно заключить, что замена ячменного солода в количестве свыше 15 % более существенно влияет на снижение объемной доли этилового спирта по сравнению с контрольным образцом.

Степень сбраживания сусла, синтез продуктов брожения формирующих широкий

диапазон значимых побочных продуктов брожения определяет физиологическое состояние отдельных штаммов пивных дрожжей, т.е. количество дрожжевых клеток.

Определение количества дрожжевых клеток в 1 см³ в процессе главного брожения молодого пива осуществляется в счетной камере Горяева с последующим расчетом, описанным в методике.

Тенденция изменения количества дрожжевых клеток в процессе главного брожения представлена на рисунке 5.

На рисунке 5 наблюдаем, что рекордная концентрация дрожжевых клеток была отмечена уже на первые сутки главного брожения как в контрольных, так и в опытных образцах. Наибольшее количество клеток наблюдалось в опытном образце № 3 (Гречиха 15 %) и составило $25,1 \times 10^6 / \text{см}^3$. В контроле количество дрожжевых клеток составило $21,8 \times 10^6 / \text{см}^3$. В образце № 1 (Гречиха 5 %) и № 2 (Гречиха 10 %) количество клеток – $24 \times 10^6 / \text{см}^3$ и $22,1 \times 10^6 / \text{см}^3$ соответственно.

На протяжении всего хода брожения количество дрожжевых клеток снижалось, и к седьмым суткам снизилось примерно на 10 %. Брожение шло отлично, физико-химические показатели соответствовали стандартам.

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СВЕТЛОГО ПИВА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ НЕСОЛОЖЕННОЙ ОБЖАРЕННОЙ ГРЕЧИХИ

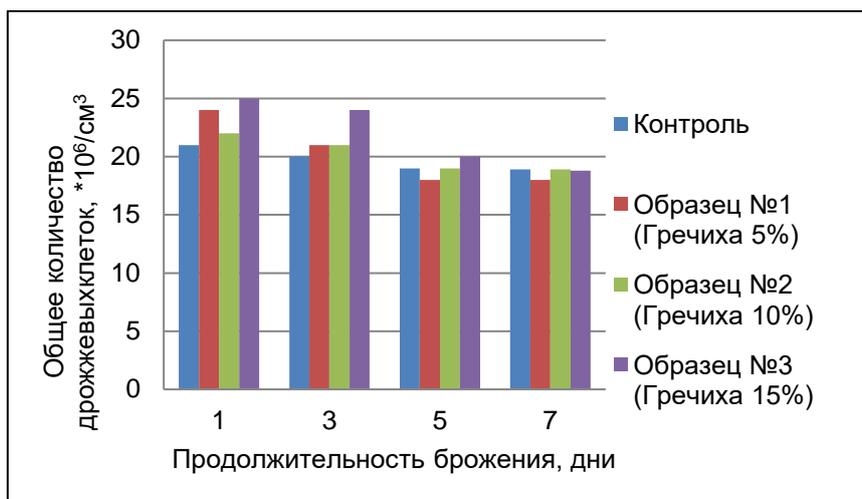


Рисунок 5 – Тенденция изменения количества дрожжевых клеток в процессе главного брожения

Figure 5 - The trend in the number of yeast cells during the main fermentation

Гликоген является запасным питательным веществом дрожжей. Он накапливается в цитоплазме дрожжей и окрашивается раствором люголя в оранжево-коричневый цвет. При его анализе можно определить соответ-

ствие полноценности питательной среды для формирования микроорганизмов. Динамика изменения содержания гликогена в дрожжевых клетках представлена на рисунке 6.

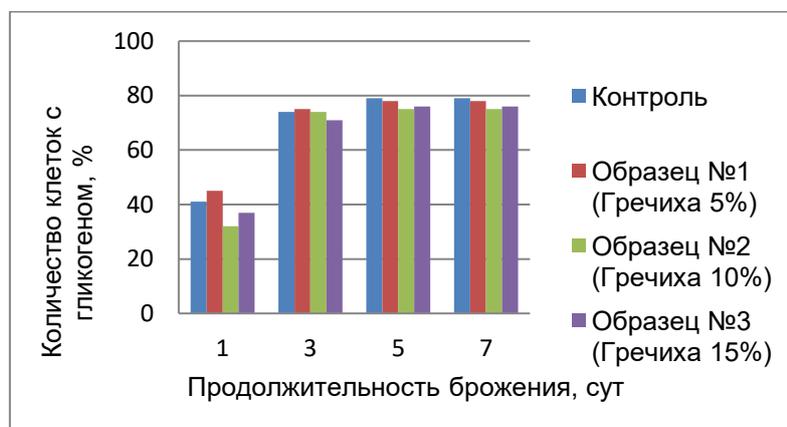


Рисунок 6 – Динамика изменения содержания гликогена в дрожжевых клетках пивного сусла в процессе главного брожения

Figure 6 – Dynamics of changes in glycogen content in yeast cells of beer wort during the main fermentation

Как видно из рисунка 6, во всех образцах количество клеток с гликогеном значительно увеличивалось в течение пяти суток брожения и составило в контрольном образце 79 %, в образце № 1 (Гречиха 5 %) – 78 %, образце № 2 (Гречиха 10 %) – 75 %, и в образце № 3 (Гречиха 15 %) – 76 %. Далее показатели оставались стабильными до конца брожения, что свидетельствует о полноценности

состава питательной среды для развития дрожжевых клеток.

На завершающем этапе исследований проводили дегустационный анализ органолептических показателей пива. Оценку осуществляли по 25-балльной системе. В ходе анализа оценивали полноту вкуса и послевкусие, аромат, цвет и прозрачность, хмелевую горечь и насыщенность CO₂ [7].

Результаты дегустационной оценки исследуемых напитков представлены в виде профилограммы на рисунке 7.

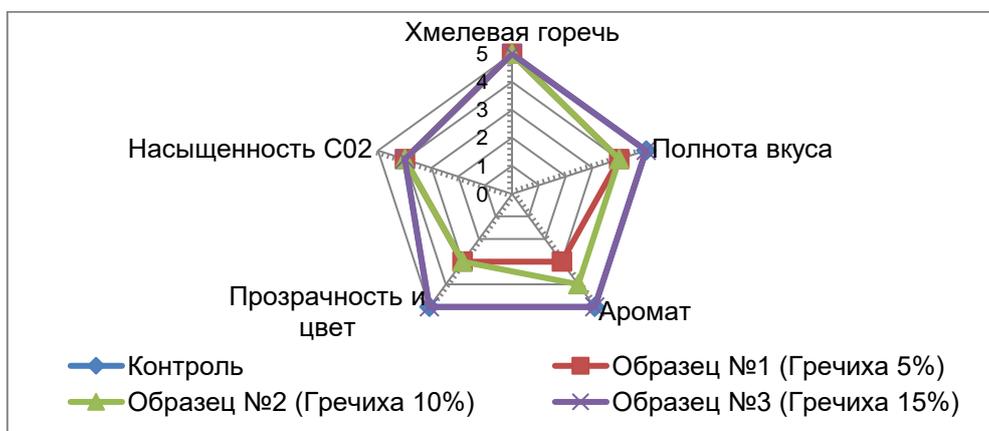


Рисунок 7 – Профилограмма органолептических показателей образцов готового пива

Figure 7 - Profiogram of organoleptic indicators of finished beer samples

Из профилограммы следует, что по органолептическим показателям образец пива с содержанием 15 % обжаренной гречихи практически не отличался от контроля и обладал отличными характеристиками по всем основным показателям. Оценка контроля и опытного образца составила 24 и 23 балла соответственно. Контрольный образец имел светло-золотистый цвет и небольшую опалесценцию, так как не подвергался процессу фильтрации. Пиво, приготовленное с использованием обжаренной гречихи, имело янтарный цвет, образец № 3 отличался насыщенностью гречишного аромата и карамельным вкусом. Образец № 1 и № 2 были с менее насыщенным профилем. У всех опытных образцов хмелевая горечь и насыщенность CO₂ была одинакова и равна 5 и 4 балла соответственно.

ВЫВОДЫ

1. Из-за низкой экстрактивности гречихи замещение ячменного солода гречихой снижает бродильную активность, вследствие чего уменьшается образование спирта.

2. Добавление необжаренной гречихи не изменяет профиля пива.

3. Добавление обжаренной гречихи благоприятно складывается на органолептический профиль пива, приобретение карамельного вкуса, гречишевого аромата, янтарного цвета.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аверина О.В., Тульская Н.С. Особенности российского рынка пива // Пиво и напитки. 2003. № 2. С. 4–5.
2. Токаев Э.С., Баженова Е.Н. Обзор современного рынка функциональных напитков // Пиво и напитки. 2007. № 4. С. 4–5.
3. Елонова Н.М. Разработка специального пива повышенной пищевой ценности с использованием растительных добавок : 05.18.07 : дис. ... канд. техн. наук / Елонова Наталья Николаевна. Кемерово, 2004. 145 с.
4. Применение пряно-ароматических и лекарственных растений в пищевой промышленности / Г.И. Касьянов, И.Е. Кизим, М.А. Холодцов // Пищевая промышленность. 2000. № 5. С. 33–36.
5. ГОСТ 31711-2012. Пиво. Общие технические условия. М. : Стандартинформ, 2013. 11 с.
6. ГОСТ 12787-81. Пиво. Методы определения спирта, действительного экстракта и расчет сухих веществ в начальном сусле. М. : Стандартинформ, 2011. 13 с.
7. Экспертиза напитков / В.М. Поздняковский, В.А. Помозова, Т.М. Киселева, Л.В. Пермякова. Новосибирск : Изд-во НГУ, 1999. 276 с.
8. ГОСТ 29294-2014 Солод пивоваренный. Технические условия. М. : Стандартинформ, 2014. 25 с.
9. ГОСТ 12788-87 Пиво. Методы определения кислотности. М. : Стандартинформ. 1989. 6 с.
10. Кунце В. Технология солода и пива : учебник. СПб. : Профессия, 2001. 912 с.

Информация об авторах

Р. В. Грушин – магистрант АлтГТУ им. И.И. Ползунова.

М. Н. Колесниченко – доцент, к.т.н., АлтГТУ им. И.И. Ползунова.

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СВЕТЛОГО ПИВА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ НЕСОЛОЖЕННОЙ ОБЖАРЕННОЙ ГРЕЧИХИ

*И. Б. Дворяткина – магистрант АлтГТУ
им. И.И. Ползунова.*

REFERENCES

1. Averina, O.V. & Tulskaia, N.S. (2003). Features of the Russian beer market. *Beer and bars*, (2), 4-5. (In Russ.)
2. Tokaev, E.S. & Bazhenova E.N. (2007). Review of the modern market of functional drinks. *Beer and drinks*, (4), 4-5. (In Russ.)
3. Elonova, N.M. (2004). Development of a special beer of increased nutritional value using herbal supplements. Candidate's thesis. Kemerovo. (In Russ.)
4. Kasyanov, G.I., Kizim, I.E. & Kholodtsov, M.A. (2000). The use of aromatic and medicinal plants in the food industry. *Food industry*, (5), 33-36. (In Russ.)
5. Beer. Methods for determining alcohol, actual extract and calculation of dry matter in the initial wort (2011). *HOST 12787-81*. M. : Standartinform. (In Russ.)

6. Beer. Methods for determining alcohol, actual extract and calculation of dry matter in the initial wort (2011). *HOST 12787-81*. M. : Standartinform. (In Russ.)
7. Pozdnyakovskiy, V.M., Pomoiova, V.A., Kiseleva, T.M. & Permyakova. L.V. (1999). Examination of drinks. Novosibirsk : Publishing house Novosib. un-ta. (In Russ.)
8. Brewing malt. Specifications (2014). *HOST 29294-2014*. M. : Standartinform. (In Russ.)
9. Beer. Methods for determining acidity (1989). *HOST 12788-87*. M. : Standartinform. (In Russ.)
10. Kunze, V. (2001). *Technology of malt and beer: textbook*. St. Petersburg : Profession. (In Russ.)

Information about the authors

*R. V. Grushin - undergraduate of Polzunov
Altai State Technical University.*

*M. N. Kolesnichenko - Associate Professor,
Ph.D., Polzunov Altai State Technical University.*

*I. B. Dvoryatkina - graduate student 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 28.03.2022; одобрена после рецензирования 06.05.2022; принята к публикации 17.05.2022.

The article was received by the editorial board on 28 Mar 22; approved after reviewing on 6 May 22; accepted for publication on 17 May 22.



Научная 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.2072-8921.2022.02.011



ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ ПРОЦЕССА ВЫПЕЧКИ В ПАРОКОНВЕКТОМАТЕ НА КАЧЕСТВО СДОБНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Николай Викторович Горников¹, Лариса Александровна Маюрникова²,
Анна Игоревна Петкович³, Аркадий Андреевич Кокшаров⁴,
Сергей Владимирович Новоселов⁵

^{1, 2, 3, 4} Кемеровский государственный университет, Кемерово, Россия

¹ nikolay_77@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8718-9576>

² nir30@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4592-8382>

³ petkovitch.a@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9209-546X>

⁴ koksharov.arkadiy@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2782-5833>

⁵ Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, Барнаул, Россия,

⁵ novoselov_sv@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8247-2356>

Аннотация. В работе рассмотрен вопрос модернизации технологического парка оборудования предприятий общественного питания и проведения исследований по разработке режимов и параметров технологии хлебобулочных изделий в пароконвектомате, мало применяемом для производства этой группы пищевых продуктов. Исследования по подбору рациональных режимов и параметров производства сдобы «Северная» проводили на основе сравнительной оценки органолептических и физико-химических показателей образцов контрольного и опытных, полученных соответственно по традиционной технологии – в жарочном шкафу и экспериментальной – в пароконвектомате. Показано, что температура брожения и расстойки при температуре 37 °С пароконвектомата способствует сокращению времени брожения при ручном режиме по сравнению с автоматическим на 10 минут; при этом соотношение пар / конвекция составляет – 50 % / 50 %, скорость вращения вентилятора – импульс–режим. Подбор температуры выпечки сдобы в пароконвектомате путем сравнения результатов опытных образцов позволил установить рациональные режимы: 100 % конвекции рекомендуемой является температура 160 °С, скорость вращения вентилятора ½, продолжительность выпечки составляет тринадцать минут. Результаты показали, что в большей степени на качество сдобы «Северная» влияют соотношение пар / конвекция, режим вращения вентилятора в пароконвектомате, температура и продолжительность выпечки. Рекомендовано для установления времени выпечки учитывать индивидуальные особенности сдобы, предполагаемой к производству: вес и форму изделия.

Ключевые слова: пароконвектомат, сдобные изделия, режимы выпечки, качество, индивидуальный подход.

Для цитирования: Влияние режимов процесса выпечки в пароконвектомате на качество сдобных изделий / Н. В. Горников [и др.]. // Ползуновский вестник. 2022. № 2. С. 82–89. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.02.011. EDN: <https://elibrary.ru/itfpch>.

Original article

MODES INFLUENCE OF THE BAKING PROCESS IN A COMBI STEAMER ON THE QUALITY OF FANCY PRODUCTS

Nikolaj V. Gornikov ¹, Larisa A. Mayurnikova ², Anna I. Petkovich ³,
Arkadi A. Koksharov ⁴, Sergej V. Novoselov ⁵

^{1, 2, 3, 4} Kemerovo State University, Kemerovo, Russia

¹ nikolay_77@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8718-9576>

² nir30mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4592-8382>

³ petkovitch.a@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9209-546X>

⁴ koksharov.arkadiy@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2782-5833>

⁵ Polzunov Altai State Technical University, Barnaul, Russia,

⁵ novoselov_sv@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8247-2356>

Abstract. *Modernization of the technological park of catering equipment and conducting research on modes development and parameters of the technology of bakery products in the combi steamer, which is less used for the production of this group of food products considers in the work issue. Studies on the selection of rational modes and parameters for the production of fancy bread "Severnaya" were carried out on the basis of a comparative assessment of the organoleptic and physico-chemical parameters of control and experimental samples, respectively obtained according to traditional technology - in an cabinet oven and experimental - in a combi steamer. It is shown that fermentation temperature and proofing at a temperature of 37 °C of the combi steamer helps to reduce the fermentation time in manual mode compared to automatic mode by 10 minutes; at the same time, the ratio of steam / convection is – 50 % / 50 %, the blower speed is pulse-mode. The selection of the temperature for baking muffins in a combi oven by comparing the results of prototypes made it possible to establish rational modes: 100 % convection is recommended at a temp of 160 °C, blower speed ½, baking time is thirteen minutes. The results showed that the quality of "Severnaya" is largely influenced by the ratio of steam / convection, the fan rotation mode in the combi steamer, the temperature and duration of baking. It is recommended to take into account the individual characteristics of the fancy bread to determine the baking time: the weight and shape of the product.*

Keywords: *combi steamer, fancy products, baking modes, quality, individual approach.*

For citation: Gornikov, N. V., Mayurnikova, L. A., Petkovich, A. I., Koksharov, A. A. & Novoselov, S. V. (2022). Modes influence of the baking process in a combi steamer on the quality of fancy products. *Polzunovskiy vestnik*, (2), 82-89. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.02.011.

В соответствии с национальными приоритетами «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 г.» важнейшими национальными проектами являются «Наука», «Здравоохранение» и «Демография». Организация питания, в том числе профилактического питания, – это часть государственной политики, так как питание представляет собой социальный фактор. Специфика предприятий общественного питания заключается в многочисленности форматов, и при условном делении их деятельность можно представить в двух направлениях: коммерческие предприятия питания и предприятия социальной сферы. Независимо

от формата развитие предприятий предполагает расширение ассортимента выпускаемой продукции, в том числе за счет введения в эксплуатацию нового современного оборудования. Вопрос актуален как для предприятий индустриального питания, требующего единовременного производства очень большого объема продукции и блюд для больших групп, так и для предприятий коммерческого сектора (рестораны, кафе) [1, 2]. Необходимо отметить, что пароконвектомат давно стал традиционным видом оборудования во многих зарубежных странах [3, 4].

Пароконвектомат – это тепловое оборудование, соединяющее в себе функциональные возможности конвекционной печи, паро-

варочного аппарата и так называемый комбинированный режим, смесь первых двух. Пароконвектомат – представляет собой универсальную единицу оборудования, позволяющую одновременно приготавливать разные по наименованию и составу пищевую продукцию и блюда. Наиболее востребованной группой продукции на предприятиях общественного питания является хлебобулочные изделия разной формы и назначения. Это многообразие хлебобулочных изделий вызывает необходимость проведения исследований по определению режимов и параметров технологии в зависимости от принадлежности к той или иной группе изделий согласно нормативных документов. В этой связи изучение режимов процесса выпечки на качество сдобных изделий является актуальным.

В процессе исследований применялись стандартные методы определения органолептических и физико-химических показателей сдобных изделий, изложенных в соответствующих нормативных документах, регламентирующих качество этой группы пищевых продуктов.

Модернизация предприятий общественного питания позволила включать в технологическую цепочку производства кулинарной продукции, в том числе хлебобулочных изделий современных пароконвектоматов [5, 6]. При этом известно, что модернизация оборудования влечет за собой необходимость адаптации и тестирование традиционных технологий производства продуктов питания. В этой связи представляло изучить процесс производства сдобных булочных изделий с применением пароконвектомата. Контролем служила технология выпечки сдобы в жарочном шкафу.

В эксперименте проводили исследования полуфабрикатов и готовых хлебобулочных изделий. В качестве экспериментального образца хлебобулочного изделия разрабатывали сдобу обыкновенную «Северная», в качестве контрольного образца рассматривали булочку «Ванильная». Технология производства сдобы – классическая в соответствии со Сборником рецептур на хлеб и хлебобулочные изделия [7]. В качестве контроля и опыта использовали изделия, отличающиеся по массе и форме. Кроме того, при изучении процессов производства сдобы в пароконвек-

томате важны требования к внешнему виду изделия, а для выбранных объектов такие требования обличаются по интенсивности цвета поверхности (внешний вид). Это важно для установления влияния параметров выпечки на характерные особенности сдобы [8].

Для изучения зависимости скорости брожения теста в пароконвектомате при производстве сдобы обыкновенной от технологических режимов тесто готовили следующим образом: способ безопасный; дрожжи – прессованные хлебопекарные; хлебопекарные улучшители не применяли (таблица 1). Результаты исследований показали, что для автоматического режима «Расстойка» соответствует ручному вводу параметров: температура 35 °С, пар / конвекция : 50 % на 50 %.

Установлено разное влияние скорости вращения вентилятора в пароконвектомате на технологические процессы. На процесс брожения теста повышение скорости вращения вентилятора не выявило значительного влияния. На процесс расстойки заготовок положительно влияет минимальная скорость вращения вентилятора при автоматическом и ручном режимах. Повышение скорости вращения вентилятора до режима $1/2$ незначительно, но ускоряет период расстойки, однако при этом отрицательно сказывается на внешнем виде тестовой заготовки, которая при таких технологических режимах заветривается.

Изучали влияние температуры на технологические процессы производства сдобы «Северная» в пароконвектомате. Установлено, что температура брожения и расстойки при температуре 37 °С способствует сокращению времени брожения при ручном режиме по сравнению с автоматическим на 10 минут. Повышение температуры расстойки тестовых заготовок до 38 °С не дало однозначных результатов, поэтому в дальнейших исследованиях этот вариант не учитывали. Более стабильные результаты процесса производства сдобного изделия (брожение и расстойка дрожжевого теста) наблюдались при следующих параметрах: автоматический режим, ручной ввод параметров (Т°С – 25–37), соотношение пар / конвекция – 50 % / 50 %, скорость вращения вентилятора – импульсный режим.

**ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ ПРОЦЕССА ВЫПЕЧКИ В ПАРОКОНВЕКТОМАТЕ
НА КАЧЕСТВО СДОБНЫХ ИЗДЕЛИЙ**

Таблица 1 – Параметры процесса брожения сдобного теста в зависимости от технологических режимов пароконвектомата

Table 1 - Parameters of the fermentation process of rich dough, depending on the technological modes of the combi steamer

Режимы	Температура, °С	Пар / конвекция, %	Скорость вращения вентилятора	Увеличение объема теста	Время брожения теста, мин
№ 1 – ручной режим	температура брожения теста 35–37 °С; для режимов № 1 и 2 36 °С и 37 °С	соотношение пар / конвекция 50 / 50 для всех режимов	для режима № 2 скорость вращения – ½. Для № 1, 3, 4 импульс-режим	увеличение объема теста в 2 раза	Для режимов № 2 и 3 время – 55 минут; для № 1 и 4 – 60 и 0 минут соответственно.
№ 2 – ручной режим					
№ 3 – ручной режим					
№ 4 – ручной режим					
Автоматический режим «Расстойка»	температура брожения 35 °С	не указано производителем	не указано производителем	в два раза	60 минут

Изучали влияние температуры на технологические процессы производства сдобы «Северная» в пароконвектомате. Установлено, что температура брожения и расстойки при температуре 37 °С способствует сокращению времени брожения при ручном режиме по сравнению с автоматическим на 10 минут. Повышение температуры расстойки тестовых заготовок до 38 °С не дало однозначных результатов, поэтому в дальнейших исследованиях этот вариант не учитывали. Более стабильные результаты процесса производства сдобного изделия (брожение и расстойка дрожжевого теста) наблюдались при следующих параметрах: автоматический режим, ручной ввод параметров (Т °С – 25–37), соотношение пар / конвекция – 50 % / 50 %, скорость вращения вентилятора – импульс-режим.

Задачей экспериментальных исследований является апробация полученных рациональных режимов и параметров в технологии получения готовых булочных изделий в пароконвектомате. Так как пароконвектомат не является традиционным видом оборудования для выпечки хлебобулочных изделий, стояла задача формирования потребительских свойств при рекомендованных режимах. Исследования проводили на основании сравнения показателей изделий – пяти пробных выпечек, полученных по предлагаемой технологии в пароконвектомате и по традиционной для ПОП – в жарочном шкафу. Поскольку контрольный и опытный образцы изделий имели разный рецептурный состав и массу, предполагали, что и время выпечки будет разным при применении разных видов теплового оборудования. Время процесса выпечки

определяли на выходе по органолептическим показателям изделий (форма, объем, состояние поверхности) и температуре в центре мякиша, которая должна составить 98 °С. Рекомендации по выпечке сдобы и результат представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Рекомендации по выпечке образцов сдобы

Table 2 - Recommendations for Baking Muffin Samples

Характеристика сдобы	Образец № 1	Образец № 2
сдоба обыкновенная, масса 50 г, форма – традиционная для плюшки, фигурная слоеная, поверхность отделана сахарным песком	жарочный шкаф, 200 °С – 12 мин.;	пароконвектомат, 100 % конвекции, скорость вентиляции ½, 200 °С, 7 мин.
	органолептические показатели	
	запах, вкус, внешний вид, пористость, эластичность мякиша соответствуют требованиям	внешний вид не соответствует требованиям: корочка изделия подгорела при сыропёклом мякише

Сравнительный анализ органолептических показателей, полученных образцов сдобы обыкновенной, дает основание принятия решения о нецелесообразности применения

данных технологических параметров этого вида оборудования.

Анализ полученных данных позволил установить рациональные режимы выпечки сдобы обыкновенной в пароконвектомате: при 100 % конвекции рекомендуемой является температура 160 °С, скорость вращения вентилятора ½, продолжительность выпечки составляет тринадцать минут.

Установлено, что значительное влияние на внешний вид готовых изделий имеет скорость вращения вентилятора: импульс-режим при температурах (160–180) °С и времени выпечки 12 минут не дает яркого колера, изделия получаются бледными, этот эффект можно применять при производстве булочных изделий для диетического питания. Полная скорость работы вентилятора оказывает негативный эффект на внешний вид изделий: колер неравномерный, ярковыраженный – не рекомендован для применения. При скорости вращения вентилятора ½ изделия получают с равномерно окрашенной поверхностью, соответствующей требованиям нормативной документации – рекомендованный режим, использован при дальнейших исследованиях.

Изучали возможность использования пароконвекционного режима для выпечки сдобы при одинаковой температуре (160 °С) и времени (13 мин), но разным соотношении конвекция / пар:

- образец № 3: 90 % конвекции + 10 % пара, 160 °С, 13 мин;
- образец № 4: 80 % конвекции + 20 % пара, 160 °С, 13 мин;
- образец № 5: 70 % конвекции + 30 % пара, 160 °С, 13 мин.

Сравнительный анализ органолептических показателей этих 3-х образцов сдобы обыкновенной выявил соответствие требованиям соответствующих нормативных документов. Образец 3 имел правильную форму с выраженным рисунком, но при этом отмечалась более плотная консистенция. Это связано с тем, что корочка изделия образуется быстрее при меньшем количестве пара, что, в свою очередь, не позволяет максимально подняться тесту и сформироваться пышности изделия.

Образцы 4 и 5 имели правильную форму с выраженным рисунком, пышной и эластичной консистенцией. Органолептическую оценку образцов изделий, полученных при данных режимах, проводили по 30-балльной шкале (таблица 3) [9].

Таблица 3 – Балльная оценка сдобы обыкновенной в зависимости от режимов и параметров выпечки

Table 3 - Scoring of ordinary muffin depending on the modes and parameters of baking

Наименование показателя	Оценка в баллах				
	1 – жарочный шкаф	режимы пароконвектомата			
		2 – 100 % конвекции	3 – 10 % пара	4 – 20 % пара	5 – 30 % пара
Форма	7,4 ± 0,6	3,7 ± 1,0	7,2 ± 0,5	9,1 ± 0,1	8,3 ± 0,6
Поверхность	4,2 ± 0,2	2,5 ± 0,5	4,0 ± 0,1	4,0 ± 0,2	4,5 ± 0,1
Состояние мякиша	6,3±0	2,5 ± 0,5	6,0 ± 0,1	6,0 ± 0,1	6,3 ± 0,1
Вкус	7,5±0	3,7 ± 0,6	7,3 ± 0,1	7,5 ± 0,0	7,3 ± 0,6
Запах	3,3±0	2,3 ± 0,6	3,1 ± 0,2	3,1 ± 0,2	3,3 ± 0,1
Итого	28,7 ± 0,5	14,7±0,6	27,3±0,6	29,6 ± 0,6	29,7 ± 0,2

Результаты сравнительной оценки свидетельствуют о нецелесообразности выпечки сдобных изделий в пароконвектомате в режиме 100 % -ной конвекции при температуре, указанной в сборниках рецептов. При таких режимах изделия имеют дефекты, существенно снижающие качество продукции. Наилучшие результаты по органолептическим показателям выявлены у изделий, выпеченных при температуре на (20–30) °С ниже, рекомендованной в сборнике рецептов. Рекомендуемый диапазон температур для булочных изделий (160–180) °С.

Сравнительный анализ органолептической оценки образцов сдобы, полученных при разных технологических режимах, показал лучшую оценку при применении режима «пар / конвекция» в интервале пара 10–30 %. Диапазон пара от 0 % до 10 % с шагом 5 % в пароконвектомате при выпечке сдобы обыкновенной практически не дало явных отличий органолептических показателей в сравнении с базовым образцом. Изделия, равномерно окрашенные с выраженно коричневым цветом поверхности, развитой пористостью и четкой формой получали при количестве пара в пароконвектомате от 15 % до 20 %. При дальнейшем увеличении количества пара от 25 % до 30 % в перечне органолептических

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ ПРОЦЕССА ВЫПЕЧКИ В ПАРОКОНВЕКТОМАТЕ НА КАЧЕСТВО СДОБНЫХ ИЗДЕЛИЙ

показателей наблюдался менее выраженный цвет поверхности, остальные органолептические показатели остались без изменения. Увеличение количества пара свыше 35 % оказалось нецелесообразным, так как изделия теряли товарный вид в принципе.

Немаловажным показателем при изучении влияния режимов и параметров выпечки на качество изделий является удельный объем опытных образцов. Сравнительный анализ проводили на образцах, полученных в жарочном шкафу и пароконвектомате при следующих режимах:

- 1 образец – тепловое оборудование: жарочный шкаф, температура – 200 °С, время выпечки – 12 мин.;

- 2 образец – тепловое оборудование: пароконвектомат, режим конвекция / пар – 80 / 20 %, температура выпечки – 160 °С, время выпечки – 13 мин.

Результаты исследований показали, что на показатель «удельный объем» исследуемых образцов влияют и виды теплового оборудования, и режим выпекания. Для первого и второго образцов удельный объем составил $2,4 \pm 0,1$ мл/г и $3 \pm 0,1$ мл/г соответственно. Остальные физико-химические показатели образцов – влажность и кислотность – соответствовали требуемым значениям данным видам изделий.

По совокупности органолептической оценки образцов рациональными явились следующие режимы работы пароконвектомата: соотношение пар / конвекция: 20–30 % / 80–70 % соответственно. В связи с тем, что ассортимент сдобных хлебобулочных изделий, производимых по Сборнику рецептов, ГОСТ и разрабатываемых предприятиями ТТК и ТУ широкий, рекомендовано продолжительность выпечки сдобы определять в каждом конкретном случае индивидуально, в зависимости от массы тестовой заготовки, формы и желаемого цвета поверхности.

Сдобные булочные изделия являются традиционно востребованными как в розничной торговле, так и на предприятиях общественного питания социальной сферы: детские дошкольные и школьные учреждения, столовые открытого и закрытого типа и т.д. Для последних важно соотношение цены и качества. Снижение потерь сырья в процессе технологии производства и увеличение выхода готовых изделий оказывают решающее влияние на цену изделия. Поэтому представляло интерес изучить влияние режимов выпечки образцов сдобы на упек (таблица 4).

Таблица 4 – Влияние режимов выпечки на величину упека сдобы

Table 4 - Influence of baking modes on the size of baking muffin

№ №	Вид теплового оборудования	Режимы и параметры	Упек, %
1	Жарочный шкаф	200 °С, 12 мин	15,0 ± 0,2
2	Пароконвектомат	100 % конвекции, 200 °С, 7 мин.	14,3 ± 0,3
3		90 % конвекции + 10 % пара, 160 °С, 13 мин.	15,5 ± 0,2
4		80 % конвекции + 20 % пара, 160 °С, 13 мин.	12,8 ± 0,5
5		70 % конвекции + 30 % пара, 160 °С, 13 мин.	13,0 ± 0,3

Сравнительный анализ результатов процесса выпечки при разных режимах на величину упека сдобы обыкновенной показал, что наименьший процент упека имели образцы, полученные в пароконвектомате при режимах: соотношение конвекция / пар – 80 / 20 % и 70 / 30.

В качестве контрольного образца использовали классическую сдобную булочку «Ванильная». Отличительной характеристикой выбранной булочки явились: форма – круглая, масса 75 г, а как следствие – меньшая поверхность испарения и соответственно потенциально меньшая величина упека. Пробные выпечки показали, что для данного вида изделий температура 160 °С недостаточна, лучшие результаты наблюдались при температуре 180 °С. Результаты исследования влияния режимов конвекция / пар и времени выпечки на величину упека изделия представлены в таблице 5.

Исследования процесса проводили при использовании жарочного шкафа с присущими ему традиционными режимами выпечки для мелкоштучных хлебобулочных изделий. Температура выпечки сдобы 200 °С в течение 15 минут. Сравнительный анализ результатов процесс выпечки в пароконвектомате проводили, варьируя режимы и параметры работы оборудования: пар от 0 % до 40 % с интервалом 5 % при температуре 180 °С. Время выпечки определяли экспериментально по внешнему виду изделий и температуре в толще изделия, которая должна составлять 98 °С.

Таблица 5 – Влияние на величину упека режимов и параметров выпечки булочек «Ванильная»

Table 5 - Influence on the amount of baking modes and parameters of baking buns "Vanilla"

№	Режимы и параметры процесса		Упек, %
	соотношение пар / конвекция, %	соотношение время / температура, мин / °С	
1	жарочный шкаф	15/200	4,1±0,1
2	0/100	9/180	4,3±0,1
3	5/95	9/180	4,3±0,1
4	10/90	9/180	4,5±0,1
5	15/85	9/180	4,6±0,2
6	20/80	10/180	4,9±0,1
7	20/80	8/180	4,9±0,1
8	25/75	8/180	5,3±0,2
9	30/70	9/180	5,7±0,3
10	35/65	9/180	6,1±0,3
11	40/60	9/180	6,9±0,1

Сравнительный анализ результатов процесса выпечки сдобы в жарочном шкафу и пароконвектомате по такому критерию, как упек, показал лучший результат процесса в жарочном шкафу. Видимо, это связано с повышенной температурой процесса, способствующей за более короткий срок образованию корки, препятствующей испарению влаги из изделия. Для снижения упека изделия в пароконвектомате, с одной стороны, можно увеличить количество пара, с другой – разницей в 1–1,5 % можно пренебречь. Анализ и обобщение результатов исследования свидетельствуют о необходимости наряду с общими рекомендациями по производству сдобных хлебобулочных изделий в пароконвектомате учитывать возможность индивидуального подхода в связи с широким ассортиментом сдобы. Это подтверждают и другие исследователи в этом направлении [10].

Проведены исследования по влиянию режимов выпечки сдобных хлебобулочных изделий в производственных условиях предприятий общественного питания с применением пароконвектомата. Показано, что для получения изделий с высокими потребительскими свойствами, не уступающими таковым, полученным по традиционной технологии – в жарочном шкафу – являются температура выпечки, соотношение пар / конвекция и скорость вращения вентилятора в пароконвектомате.

Таким образом, результаты исследований свидетельствуют о возможности и целесообразности применения пароконвектомата при приготовлении сдобных хлебобулочных изделий на предприятиях общественного питания как коммерческой, так и социальной сферы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Морозов С.В. Применение перспективных технологий приготовления пищи в интересах войскового питания // Вестник научных конференций. 2015. № 1–4 (1). С. 92–95.
2. Клишина М.Н Модернизация организации школьного питания на основе гибридных технологий в условиях региона : автореф. дис. ... канд. техн. наук. Кемерово, 2017. 17 с.
3. The effect of cooking in a steam-convection oven and storage in vacuum on the quality of turkey meat / M. Danowska-Oziewicz, M. Karpinska-Tymoszczyk, J. Borowski, I. Bianobrzewski, P. Zapotoczny // Food Science and Technology International. 2009. Vol. 15. № 4. P. 345–356.
4. Особенности использования пароконвектомата для выработки хлебобулочных изделий / Ю.В. Маркова, А.С. Марков, А.С. Романов // Техника и технология пищевых производств. 2018. Т. 48. № 2. С. 136–142. DOI 10.21603/2074-9414-2018-2-136-142. EDN VTSYQG.
5. Уржумова А.И., Суханов А.А. Использование современного оборудования для производства хлебобулочных изделий на предприятиях питания // Пищевые инновации и биотехнологии : материалы IV Международной научной конференции. Кемерово, 2016. С. 347–349.
6. Анализ перспектив инновационной деятельности на стадии проектирования новых пищевых продуктов / С.В. Новоселов, Л.А. Маюрникова, С.В. Ремизов, С.Д. Руднев // Ползуновский вестник. 2013. № 4–4. С. 33–43.
7. Сборник рецептов на хлебобулочные изделия, вырабатываемые по государственным стандартам : сборник / ГОСНИИХП. СПб. : ГИОРД, 2004. 92 с.
8. Влияние режимов и параметров выпечки в пароконвектомате на качество сдобных булочных изделий / Н.И. Давыденко, А.И. Уржумова, Г.И. Шевелева, Р.З. Григорьева // Техника и технология пищевых производств. 2017. Т. 44. № 1. С. 11–16.
9. Экспертиза хлеба и хлебобулочных изделий. Качество и безопасность / А.С. Романов, Н.И. Давыденко, Л.Н. Шатнюк [и др.] ; под общ. ред. В.М. Позняковского. Новосибирск : Сиб. унив. изд-во. 2010. 258 с.
10. Струцкая Е.С. Обоснование необходимости проработки рецептур при использовании пароконвектоматов // Материалы Международной научной конференции «Пищевые инновации и биотехнологии». ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности». 2015. С. 358–359.

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ ПРОЦЕССА ВЫПЕЧКИ В ПАРОКОНВЕКТОМАТЕ НА КАЧЕСТВО СДОБНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Информация об авторах

Н. В. Горников – кандидат технических наук, соискатель кафедры «Технология и организация общественного питания», ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет».

Л. А. Маюрникова – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Технология и организация общественного питания», ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет».

А. И. Петкович – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры «Технология и организация общественного питания», ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет».

А. А. Кокшаров – кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология и организация общественного питания», ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет».

С. В. Новоселов – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Механики и Инноватики», ФГБОУ ВО «Алтайский технический университет им. И.И. Ползунова».

5. Urzhumova, A.I., Suhanov, A.A. (2016). The use of modern equipment for the production of bakery products at catering enterprises. Food innovations and biotechnologies: materials of the IV International scientific conference. Kemerovo, 347-349. (In Russ.).

6. Novoselov, S.V., Mayurnikova, L.A., Remizov, S.V., Rudnev, S.D. (2013). Analysis of the prospects for innovation activity at the design stage of new food products. *Polzunovskiy Vestnik*, (4-4), 33-43 (In Russ.).

7. GOSNIIHP (2004). *Collection of recipes for bakery products produced according to state standards: collection*. St. Petersburg: GIOR. (In Russ.).

8. Davydenko, N.I., Urzhumova, A.I., Sheveleva, G.I., Grigoryeva, R.Z. (2017). Influence of modes and parameters of baking in a combi steamer on the quality of rich bakery products. *Technique and technology of food production*. 44(1), 11-16. (In Russ.).

9. Romanov, A.S., Davydenko, N.I., Shatnyuk, L.N. etc. (2010). Examination of bread and bakery products. Quality and safety. Shatnyuk and others; under total ed. V.M. Poznyakovskiy. Novosibirsk: Sib. Univ. Publishing house. 258 p. (In Russ.).

10. Struckaya, E.S. (2015). Substantiation of the need to develop recipes when using combi steamers // *Proceedings of the International Scientific Conference "Food Innovations and Biotechnologies"*. FGBOU VO "Kemerovo Technological Institute of Food Industry". 358-359. (In Russ.).

REFERENCES

1. Morozov, S.V. (2015). The use of advanced cooking technologies in the blocking of military nutrition. *Bulletin of scientific conferences*, 1-4 (1), 92-95. (In Russ.).

2. Klishina, M.N (2017). Modernization of the organization of school meals based on hybrid technologies in the conditions of the region. Candidate's thesis. Kemerovo. (In Russ.).

3. Danowska-Oziewicz, M., Karpinska-Tymoszczyk, M., Borowski, J., Bianobrzewski, I., Zapotoczny, P. (2009). Effect of cooking in a combi steamer and vacuum storage on the quality of turkey meat. *International Organization of Food Sciences and Technologies*, 15(4), 345-356. (In Italy.).

4. Markova, YU.V., Markov, A.S., Romanov, A.S. (2018). Features of the use of a combi steamer for the production of bakery products. *Technique and technology of food production*, 48(2), 136-142. (In Russ.). DOI 10.21603/2074-9414-2018-2-136-142.

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

Статья поступила в редакцию 28.03.2022; одобрена после рецензирования 06.05.2022; принята к публикации 17.05.2022.

The article was received by the editorial board on 28 Mar 22; approved after reviewing on 6 May 22; accepted for publication on 17 May 22.

Information about the authors

N. V. Gornikov - Cand. Sci. (Eng.), applicant of the Department of Technology and Organization of Public Catering, Kemerovo State University.

L. A. Mayurnikova - Dr. Sci. (Eng.), Professor, Professor of the Department of Technology and Organization of Public Catering.

A. I. Petkovich - Cand. Sci. (Eng.), Senior Lecturer of the Department of Technology and Organization of Public Catering.

A. A. Koksharov - Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor of the Department of Technology and Organization of Public Catering.

S. V. Novoselov - Dr. Sci. (Eng.), Associate Professor, Professor of the Department of Mechanics and innovation, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Polzunov Altai state technical University».



Научная статья

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

УДК 664.661.3

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.02.012

 EDN: JIGXZV

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОВОЩНОГО ПЮРЕ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПИЩЕВОЙ ЦЕННОСТИ И РАСШИРЕНИЯ АССОРТИМЕНТА СДОБНЫХ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Александра Сергеевна Захарова ¹, Светлана Ивановна Конева ²

^{1,2} Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, Барнаул, Россия

¹ zakharovatpz@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7571-0950>

² skoneva22@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6727-5979>

Аннотация. Целью работы являлось обоснование возможности и целесообразности использования овощного пюре для повышения пищевой ценности и расширения ассортимента сдобных хлебобулочных изделий. В работе использовались стандартные и общепринятые методики. Представлены результаты проведенных экспериментов по изучению влияния овощного пюре из моркови / свеклы / тыквы на органолептические и физико-химические показатели качества и пищевую ценность сдобных булочек. Установлено, что использование пюре из моркови / свеклы / тыквы, вносимого в количестве 5 %, 10 %, 15 % к массе муки в процессе тестоприготовления, способствует потемнению окраски корки и придает мякишу булочек желтый или розовый оттенок, с увеличением дозировки пюре до 10 % и более в изделиях появляется овощной привкус и запах. Определены зависимости влияния овощного пюре на массовую долю влаги, кислотность, удельный объем, формоустойчивость, массовую долю сахара и жира в сдобных хлебобулочных изделиях. Рекомендуемая дозировка овощного пюре составила 10 % к массе муки. Доказано, что использование пюре из моркови / свеклы / тыквы в указанной дозировке способствует повышению пищевой ценности сдобных булочек за счет увеличения содержания в них пищевых волокон, витаминов В1, В2, С, РР, β-каротина, кальция, фосфора, магния, калия, цинка, железа, йода.

Ключевые слова: сдобные хлебобулочные изделия, булочки, овощное пюре, морковь, свекла, тыква, качество.

Для цитирования: Захарова, А. С., Конева, С. И. Использование овощного пюре для повышения пищевой ценности и расширения ассортимента сдобных хлебобулочных изделий // Ползуновский вестник. 2022. № 2. С. 90–96. doi: 10.25712/ ASTU.2072-8921.2022.02.012. EDN: <https://elibrary.ru/jigxzv>.

Original article

THE USE OF VEGETABLE PUREE TO INCREASE THE NUTRITIONAL VALUE AND EXPAND THE RANGE OF PASTRIES/BAKERY PRODUCTS

Alexandra S. Zakharova ¹, Svetlana I. Koneva ²

^{1,2} Polzunov Altai State Technical University, Barnaul, Russia

¹ zakharovatpz@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7571-0950>

² skoneva22@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6727-5979>

Abstract. The purpose of the work was to substantiate the possibility and expediency of using vegetable puree to increase the nutritional value and expand the range of bakery products. Standard and generally accepted methods were used in the work. The results of experiments conducted to study the effect of carrot/beetroot/pumpkin vegetable puree on the organoleptic and physico-chemical parameters of quality and nutritional value of muffins are presented. It was found that the use of carrot / beetroot / pumpkin puree applied in an amount of 5 %, 10 %, 15 % by weight of flour during the pre-cooking process contributes to the darkening of the crust color and gives the crumb of buns a yellow or pink hue, with an increase in the dosage of puree to 10% or more, a vegetable taste and smell appears in the products. The dependences of the effect of vegetable puree on the mass fraction of moisture, acidity, specific volume, shape stability, mass fraction of sugar and fat in bakery products are determined. The recommended dosage of vegetable puree was 10% by weight of flour. It has been proven that the use of carrot/ beetroot /pumpkin puree in the indicated dosage increases the nutritional value of muffins by increasing the content of dietary fiber, vitamins B1, B2, C, PP, beta-carotene, calcium, phosphorus, magnesium, potassium, zinc, iron, iodine in them.

Keywords: rich bakery products, buns, vegetable puree, carrots, beets, pumpkin, quality.

For citation: Zakharova, A. S. & Koneva, S. I. (2022). The use of vegetable puree to increase the nutritional value and expand the range of pastries bakery products. *Polzunovskiy vestnik*, (2), 90-96. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.02.012.

ВВЕДЕНИЕ

Согласно Приказу Министерства здравоохранения РФ от 19 августа 2016 г. № 614 «Об утверждении Рекомендаций по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающих современным требованиям здорового питания», норма потребления хлебных изделий в нашей стране составляет 96 кг на одного человека в год. Однако реальное потребление данной группы продуктов питания за период с 2018 по 2020 гг. было превышено на 21 % и составляло порядка 116 кг в год на одного человека [1]. Согласно данным Российской гильдии пекарей, за указанный период времени превышение потребления хлебных изделий сверх рекомендуемых норм было зафиксировано в 30 субъектах Российской Федерации.

Таким образом, хлебобулочные изделия по-прежнему остаются одними из основных продуктов питания для всех слоев населения Российской Федерации. При этом специалисты отмечают изменение потребительских

предпочтений, снижение спроса на массовые сорта хлеба и булочных изделий при одновременном увеличении спроса на изделия с повышенной добавочной стоимостью и улучшенными потребительскими достоинствами [2].

Разработка и внедрение в производство инновационных технологий хлебобулочных изделий, отличающихся от традиционных пониженным содержанием простых сахаров, поваренной соли, насыщенных жиров, и повышенным – пищевых волокон, витаминов и биологически активных веществ, является важной задачей, стоящей перед хлебопекарной промышленностью.

Наиболее перспективный путь корректировки пищевой ценности и химического состава хлеба – это целевое комбинирование традиционного сырья с нетрадиционным, обладающим высоким содержанием веществ, необходимых для нормального функционирования человеческого организма. Примером такого нетрадиционного сырья могут служить

семена чиа, льна, киноа, облепиховый шрот, зеленая гречка и т.д. [3, 4, 5].

На кафедре технологии хранения и переработки зерна Алтайского государственного технического университета в качестве источника дополнительного количества пищевых волокон, витаминов, минеральных веществ для производства сдобных хлебобулочных изделий предлагают использовать пюре из различных овощных культур: моркови, свеклы, тыквы. Выбор обогащающих добавок был обусловлен их химическим составом, полезными свойствами, вкусовыми достоинствами, невысокой стоимостью, доступностью и непопулярностью среди потребителей младшего и школьного возраста. Дети являются одними из самых преданных поклонников сдобных хлебобулочных изделий и с удовольствием лакомятся сдобными булочками, которые, как правило, изготавливаются на основе муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта, являющейся рафинированным продуктом, вследствие чего сдоба содержит недостаточное количество пищевых волокон, витаминов, минеральных веществ. Использование овощных добавок в процессе тестоприготовления позволяет скорректировать химический состав получаемых изделий, получить изделия с высокими потребительскими достоинствами привлекательного и необычного внешнего вида, с невысокой себестоимостью без существенной корректировки технологического процесса и технического перевооружения предприятия, на имеющихся площадях.

Морковь обыкновенная является источником витаминов группы В, РР, С, Е, К, β-каротина. Немало в моркови и минеральных веществ, необходимых для организма человека: калия, железа, фосфора, магния, кобальта, меди, йода, цинка, хрома, никеля, фтора и др. [6, 7, 8].

Свекла – уникальный корнеплод по содержанию биологически и физиологически активных веществ, ее мякоть богата разнообразными минеральными веществами (фосфор, калий, железо, соли марганца). Ценность свеклы объясняется большим количеством сахаров (до 8 % сахарозы), органических кислот (яблочной, щавелевой, фоллиевой), пектиновых веществ, витаминов (С, В1, В2, РР) [6, 9].

Мякоть тыквы содержит в своем составе до 8 мг % витамина С, витамины группы В (В1, В2, В5), витамин Е и каротин – 5 мг на 100 г сырой массы, витамин РР (никотиновая кислота), микроэлементы (медь, кобальт,

цинк и др.), соли калия, магния, железа, пектин, клетчатку, белки и ферменты [6, 10].

Целью представленной работы являлось обоснование возможности и целесообразности использования овощного пюре для повышения пищевой ценности и расширения ассортимента сдобных хлебобулочных изделий.

МЕТОДЫ И ОБЪЕКТЫ

В качестве объектов исследования выступали сдобные булочки с добавлением пюре из моркови / свеклы / тыквы в количестве 5 %, 10 %, 15 % к массе муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта. В качестве контрольного образца использовали сдобную булочку «Домашняя», без каких-либо обогащающих добавок. Выпечка образцов проводилась по традиционной технологии, в работе использовался безопасный способ тестоприготовления. Пюре из моркови / свеклы / тыквы готовили в лабораторных условиях. Для этого морковь столовую свежую высшего сорта, свеклу столовую свежую высшего сорта, тыкву продовольственную свежую мыли, очищали от кожуры и измельчали до пюреобразного состояния с помощью блендера. Подготовленное пюре вносили при замесе теста.

Оценку качества выпеченных изделий проводили через 16 часов после выпечки по органолептическим и физико-химическим показателям. В работе использовались стандартные методики: органолептические показатели качества определяли по ГОСТ 5667-65, массовую долю влаги – по ГОСТ 21094-75, кислотность – по ГОСТ 5670-96. Дополнительно определяли формоустойчивость и удельный объем булочек, используя общепринятые в отрасли методики. Массовую долю сахара и жира в пересчете на сухое вещество, пищевую ценность оценивали расчетным путем. В ходе проведения исследований была проведена дегустационная оценка полученной продукции с использованием 30-балльных шкал.

С целью подтверждения обогащающего воздействия овощного пюре в работе осуществляли расчет пищевой ценности сдобных булочек с 10 % пюре из моркови / свеклы / тыквы, контрольного образца с использованием справочных таблиц содержания основных пищевых веществ и энергетической ценности пищевых продуктов [11].

Целью работы являлось доказательство возможности и целесообразности использования пюре из моркови / свеклы / тыквы при производстве сдобных хлебобулочных изделий.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОВОЩНОГО ПЮРЕ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПИЩЕВОЙ ЦЕННОСТИ И РАСШИРЕНИЯ АССОРТИМЕНТА СДОБНЫХ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты определения органолептических показателей качества сдобных булочек с пюре моркови / свеклы / тыквы позволили сделать вывод, что использование овощного пюре способствует изменению цвета мякиша, который приобретает желтый оттенок при использовании пюре из моркови и

тыквы, и розовый – при использовании свеклольного пюре. Изменение цвета становится более выраженным при увеличении дозировки обогащающих добавок и напрямую связано с пигментами овощей. На рисунке 1 приведены фотографии сдобных булочек со свеклой, цвет которых был самый насыщенный и яркий.

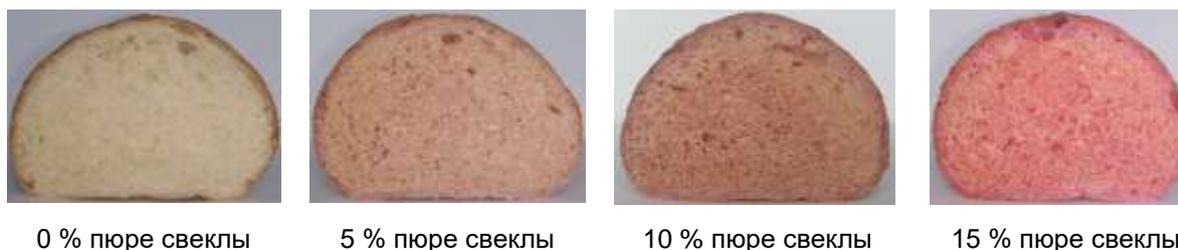


Рисунок 1 – Фотографии сдобных булочек со свеклой

Figure 1 - Photos of sweet buns with beets

Следует отметить, что использование нетрадиционного сырья в количестве 10 % и 15 % оказало влияния на вкус и запах булочек. В изделиях появился привкус овощных добавок пропорционально количеству используемого пюре. Цвет корки при использовании пюре становился более темным, вероятно, это связано с дополнительным количеством сахаров, участвующих в процессе меланоидинообразования. Проведенная дегустационная оценка позволила установить, что

15 % обогащающих добавок ухудшило потребительские достоинства продукта, дегустаторам не понравились излишне яркая окраска булочек и заметный овощной привкус сдобы. Самую высокую оценку получили образцы с 10 % пюре моркови / свеклы / тыквы.

Изменение физико-химических показателей качества сдобных булочек при использовании в процессе тестоприготовления пюре из моркови / свеклы / тыквы представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Физико-химические показатели качества сдобных булочек с пюре моркови / свеклы / тыквы

Table 1 - Physico-chemical quality indicators of buns with carrot / beetroot / pumpkin puree

Наименование показателя	Фактическое значение			
	Количество пюре моркови / свеклы / тыквы, % к массе муки			
	0	5	10	15
Массовая доля влаги, %	28,5/28,5/27,5	31,0/29,0/30,0	32,5/29,5/31,5	33,0/31,5/32,0
Кислотность, град	1,8/1,4/1,9	1,8/1,4/1,9	2,1/1,6/2,2	2,2/1,8/2,3
Удельный объем, см ³ /г	2,0/1,9/1,9	2,0/1,8/1,9	1,8/1,8/1,9	1,8/1,7/1,8
Формоустойчивость, Н/D	0,6/0,7/0,6	0,7/0,7/0,6	0,7/0,7/0,7	0,8/0,8/0,6
Массовая доля сахара в пересчете на сухое вещество, %	15,5/15,5/15,5	15,6/15,7/15,5	15,7/15,8/15,6	15,9/15,9/15,8
Массовая доля жира в пересчете на сухое вещество, %	12,8/12,8/12,8	12,7/12,7/12,6	12,6/12,6/12,5	12,6/12,5/12,5

Проведенные эксперименты выявили увеличение массовой доли влаги при внесении овощного пюре. Вероятно, это связано с с неспособностью пюре впитывать расчетное

количество воды, идущее на замес теста. Увеличение кислотности связано с интенсификацией процесса брожения, за счет дополнительных сахаров, витаминов и микро-

макроэлементов. Уменьшение удельного объема сдобных булочек по сравнению с контрольным образцом связано с наличием частичек овощей в клейковинном каркасе, что привело к изменению его растяжимости под действием пузырьков углекислого газа в процессе брожения. Следует отметить, что использование пюре из моркови / свеклы / тыквы не оказало заметного влияния на формоустойчивость изделий. Значение данного показателя качества оставалось на уровне контрольного образца, его увеличение не являлось значимым.

Было зафиксировано некоторое увеличение массовой доли сахара за счет дополнительных сахаров, содержащихся в пюре моркови / свеклы / тыквы. Массовая доля жира несколько снижалась из-за минимального количества жира в пюре из овощей.

В результате проведенных исследований был сделан вывод о том, что рекомендуемая дозировка пюре из моркови / свеклы / тыквы составляет 10 % к массе муки, так как именно эти образцы обладали хорошими органолептическими и физико-химическими показателями качества.

В ходе дальнейших исследований был произведен расчет пищевой ценности сдобных булочек с 10 % обогащающих добавок. Изменения содержания минеральных элементов, витаминов и пищевых волокон в сдобе при использовании пюре моркови / свеклы / тыквы приведено на рисунках 2, 3.

Таким образом, было установлено, что использование в процессе тестоприготовления 10 % пюре моркови / свеклы / тыквы спо-

собствует увеличению содержания в сдобных хлебобулочных изделиях фосфора (на 2,6–5,6 %), магния (7,9–21,3 %), кальция (10,0–14,8 %), калия (14,3–18,0 %), цинка (2,6–4,6 %), железа (3,0–11,0 %), йода (5,9–42,9 %). Отдельно стоит отметить, что при использовании пюре из моркови / свеклы / тыквы в сдобных булочках появился β-каротин (0,89 / 0,001 / 0,11 мг) и витамин С (0,37 / 0,74 / 0,59 мг). Количество витамина В₁ увеличилось незначительно, витамина В₂ – на 6,8–11,4%, витамина РР (НЭ) – на 1,8–7,3 %.

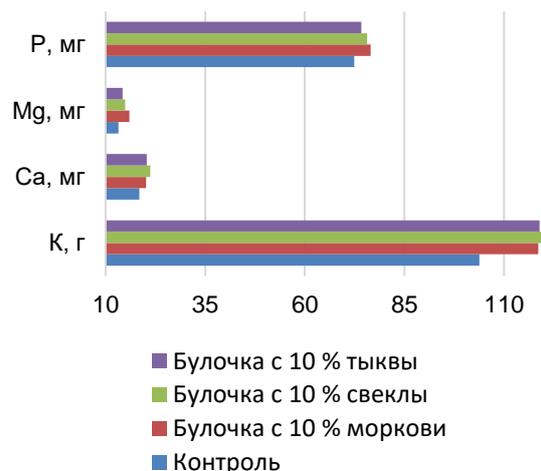


Рисунок 2 – Содержание минеральных веществ в сдобных булочках

Figure 2 - The content of minerals in buns

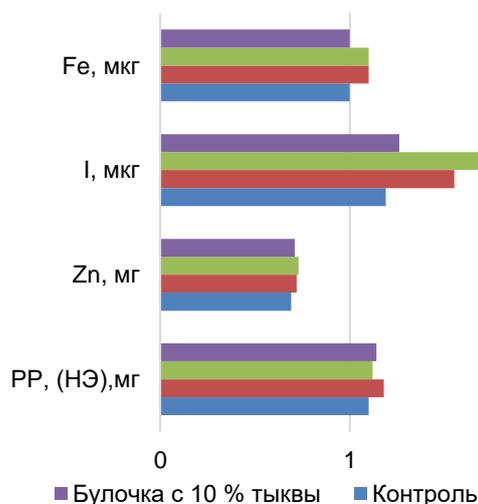
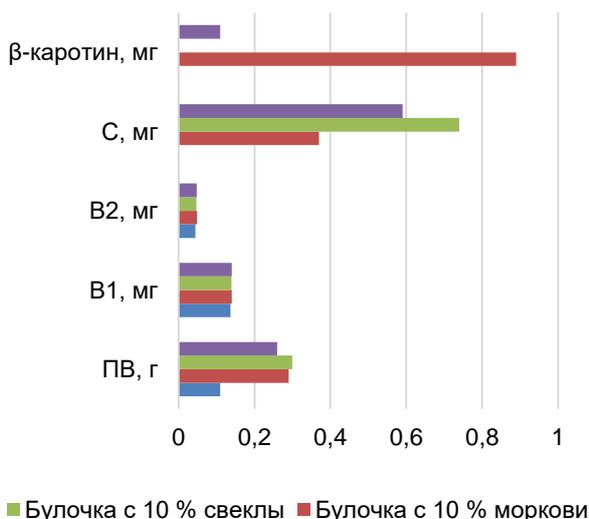


Рисунок 3 – Содержание витаминов, пищевых волокон, железа и йода в сдобных булочках

Figure 3 - The content of vitamins, dietary fiber, iron and iodine in muffins

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОВОЩНОГО ПЮРЕ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПИЩЕВОЙ ЦЕННОСТИ И РАСШИРЕНИЯ АССОРТИМЕНТА СДОБНЫХ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Также использование морковного / свекольного / тыквенного пюре увеличивало содержание пищевых волокон в готовой продукции на 131–163,7 %.

ВЫВОДЫ

Таким образом, была доказана возможность и целесообразность использования пюре из моркови / свеклы / тыквы для повышения пищевой ценности и расширения ассортимента хлебобулочных изделий. Установлены закономерности влияния морковного / свекольного / тыквенного пюре на органолептические показатели качества, на содержание массовой доли влаги, кислотность, удельный объем, формоустойчивость, массовую долю сахара и жира в сдобных булочках. Доказано, что использование данных обогащающих добавок в количестве до 10 % к массе муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта способствует получению изделий привлекательного и необычного внешнего вида, приятного вкуса и аромата, с развитой, равномерной пористостью, с хорошими физико-химическими показателями качества и повышенной пищевой ценностью за счет увеличенного содержания пищевых волокон, витаминов, минеральных веществ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Об утверждении «Рекомендаций по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающих современным требованиям здорового питания»: Приказ Министерства здравоохранения РФ № 614 от 19.08.2016 г. (ред. от 01.12.2020 г.). URL : https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_204200/. (Дата обращения: 23.05.2022 г.).
2. Таточенко И.М., Таточенко А.Л., Абрамчук А.А. Российский рынок хлеба и хлебопродуктов: современное состояние, перспективы, актуальные тенденции развития // *Modern Science*. 2019. № 10–2. С. 142–147.
3. Бойцова Т.М., Назарова О.М. Настой семян льна в технологии производства ржанопшеничного хлеба // *Хлебопечение России*. 2015. № 3. С. 24–26.
4. Елисеева Е.А., Воронина М.С. Использование семян чиа в производстве сдобных хлебобулочных изделиях // *Вестник СГТУ*. 2018. № 4. С. 37–40.
5. Формирование показателей качества и пищевой ценности пшеничного хлеба с применением муки киноа / Л.Г. Елисеева, Е.В. Жиркова, Д.С. Кокорина // *Известия высших учебных заведений. Пищевая технология*. 2019. № 2–3 (368–369). С. 35–38.
6. Алексашина С.А., Макарова Н.В. Исследование химического состава и антиоксидантной

активности моркови, свеклы и тыквы // *Хранение и переработка сельхозсырья*. 2016. № 6. С. 29–32.

7. Влияние условий возделывания и режимов хранения на химический состав корнеплодов моркови / Р.М. Назирова [и др.] // *Проблемы современной науки и образования*. 2020. № 5 (150). С. 16–19.

8. Химический состав корнеплодов моркови: задачи селекции и исходный материал / В.И. Буренин, А.Е. Соловьева, Т.В. Хмельницкая // *Сахарная свекла*. 2019. № 5. С. 27–29.

9. Сатункин, И.В. Химический состав и питательная ценность корнеплодов и ботвы свеклы в зависимости от режима орошения и уровня минерального питания // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2004. № 2 (2). С. 98–100.

10. Емельянов А.А., Кузнецова Е.А. Составляющие мякоти тыквы // *Пиво и напитки*. 2009. № 4. С. 40–43.

11. Скурихин И.М., Тутельян В.А. Химический состав российских продуктов питания : справочник. Москва : ДеЛипринт, 2002. 236 с.

Информация об авторах

А. С. Захарова – кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология хранения и переработки зерна» Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова.

С. И. Конева – кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология хранения и переработки зерна» Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова.

REFERENCES

1. On the approval of "Recommendations on the rational norms of food consumption that meet the modern requirements of healthy nutrition" (2020). Order from 19 Aug. 2016. Retrieved from: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_204200/. (In Russ.).
2. Tatchenko, I.M., Tatchenko, A.L. & Abramchuk A.A. (2019). The Russian market of bread and bread products: the current state, prospects, current development trends. *Modern Science*, (10-2), 142-147. (In Russ.).
3. Boitsova, T.M. & Nazarova, O.M. (2015). Infusion of flax seed in the production technology of rye-wheat bread. *Breadmaking of Russia*, (3), 24-26. (In Russ.).
4. Eliseeva, E.A. & Voronina, M.S. (2018). The use of chia seeds in the production of sweet bakery products. *Bulletin of SSTU*, 4. 37-40. (In Russ.).
5. Eliseeva, L.G., Zhirkova, E.V. & Kokorina D.S. (2019). Formation of indicators of quality and nutritional value of wheat bread using quinoa flour. *News of higher educational institutions. Food technology*, 2-3 (368-369), 35-38. (In Russ.).

6. Aleksashina, S.A. & Makarova, N.V. (2016). Research of chemical composition and antioxidant activity of carrots, beets and pumpkins. *Storage and processing of agricultural raw materials*, (6), 29-32. (In Russ.).

7. Nazirova, R.M. [et al.] (2020). Influence of cultivation conditions and storage modes on the chemical composition of carrot root crops. *Problems of modern science and education*, 5 (150), 16-19. (In Russ.).

8. Burenin, V.I., Solovyeva, A.E. & Khmel'nitskaya T.V. (2019). Chemical composition of carrot kernels: breeding tasks and raw material. *Sugar beet*, (5), 27-29. (In Russ.).

9. Satunkin, I.V. (2004). Chemical composition and nutritional value of root crops and beet tops depending on the irrigation regime and the level of mineral nutrition. *Izvestiya Orenburg State Agrarian University*, 2 (2), 98-100. (In Russ.).

10. Emelyanov, A.A. & Kuznetsova, E.A. (2009). Components of pumpkin pulp. *Beer and beverages*, (4), 40-43. (In Russ.).

11. Skurikhin, I.M., Tutelyan, V.A. (2002). Chemical composition of Russian food products : handbook. Moscow : DeLiprint. (In Russ.).

Information about the authors

A. S. Zakharova - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Grain Storage and Processing Technology, Polzunov Altai State Technical University.

S. I. Koneva - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor 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 28.03.2022; одобрена после рецензирования 06.05.2022; принята к публикации 17.05.2022.

The article was received by the editorial board on 28 Mar 22; approved after reviewing on 6 May 22; accepted for publication on 17 May 22.



Научная статья

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

УДК 664

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.02.013



РАЗРАБОТКА БЛЮД МОЛЕКУЛЯРНОЙ КУХНИ С ПОВЫШЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ

Ирина Андреевна Кустова¹, Ольга Владимировна Окопная²,
Алина Александровна Гайдукова³

^{1,2,3} Самарский государственный технический университет, Самара, Россия,

¹ batkova_ira7@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3258-7016>

² olga.okopnaya06@mail.ru

³ gajdukova-a@bk.ru

Аннотация. Молекулярная гастрономия – это научный подход к питанию, в первую очередь с точки зрения химического состава, свойств и превращений ингредиента, используемого при приготовлении блюд.

При изучении и приготовлении блюд молекулярной кухни необходимо обращать внимание не только на вкусовые показатели, но и на химический состав, который должен удовлетворять потребностям человеческого организма.

Часто при приготовлении блюд молекулярной гастрономии используют так называемые загустители. В нашем блюде использовался агар-агар. Он контролирует влажность готового блюда, обеспечивает его структуру, стабильность и пищевые качества. Производится из различного сырья, включая микроорганизмы, морские и наземные растения.

В данной работе будут рассмотрены такие темы, как молекулярная гастрономия и её основы, изучен физико-химический состав и антиоксидантная активность продуктов, входящих в состав блюд молекулярной кухни, подобраны рецептуры для блюда молекулярной кухни «Спагетти томатные» и проведен органолептический анализ показателей блюд молекулярной гастрономии.

Ключевые слова: молекулярная кухня, молекулярная гастрономия, антиоксиданты, сухие вещества, титруемая кислотность, агар-агар, томат, морковь, апельсин, виноград.

Для цитирования: Кустова, И. А., Окопная, О. В., Гайдукова, А. А. Разработка блюд молекулярной кухни с повышенным содержанием биологически активных веществ. // Ползуновский вестник. 2022. № 2. С. 97–101. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.02.013. EDN: <https://elibrary.ru/jumhhf>.

Original article

DEVELOPMENT OF MOLECULAR CUISINE DISHES WITH A HIGH CONTENT OF BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES

Irina A. Kustova ¹, Olga V. Okopnaya ², Alina A. Gaidukova ³

^{1, 2, 3} Samara State Technical University, Samara, Russia

¹ batkova_ira7@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3258-7016>

² olga.okopnaya06@mail.ru

³ gajdukova-a@bk.ru

Abstract. *Molecular gastronomy is a scientific approach to nutrition, primarily from the point of view of the chemical composition, properties and transformations of the ingredient used in the preparation of dishes. This is a branch of food science that approaches cooking and enjoying food not only from the point of view of aesthetics and taste, but also on the scale of science.*

When studying and preparing dishes of molecular cuisine, it is necessary to pay attention not only to taste indicators, but also from the chemical composition, which should meet the needs of the human body.

Often, so-called thickeners are used in the preparation of molecular gastronomy dishes. Agar-agar was used in our dish. It controls the moisture content of the finished dish, ensures its structure, stability and nutritional qualities. It is made from various raw materials, including microorganisms, marine and terrestrial plants.

In this paper, topics such as: molecular gastronomy and its basics will be considered, the physicochemical composition and antioxidant activity of the products included in the dishes of molecular cuisine will be studied, recipes for the dishes of molecular cuisine "Spaghetti tomato" will be selected and an organoleptic analysis of the indicators of dishes of molecular gastronomy will be carried out.

Keywords: *molecular cuisine, molecular gastronomy, antioxidants, dry substances, activated acidity, agar-agar, tomato, carrot, orange, grapes.*

For citation: Kustova, I. A., Okopnaya, O. V. & Gaidukova, A. A. (2022). Development of molecular cuisine dishes with a high content of biologically active substances. *Polzunovskiy vestnik*, (2), 97-101. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.02.013.

ВВЕДЕНИЕ

Молекулярная кухня, или молекулярная гастрономия, берёт своё начало в Англии, а именно в Оксфорде. В 1988 г. ученые Эрве Тис и Николас Курти заинтересовались химическими и физическими процессами, которые происходят при кулинарной обработке пищи. Они ввели понятие «молекулярная гастрономия», которое означает изучение кулинарии – наука, лежащая у её основания [3].

Одной из целей молекулярной кухни является достижение совершенно нового и идеального вкуса [4].

Для создания оптимальных рецептов блюд молекулярной кухни необходимо учитывать такие показатели, как содержание сухих веществ, фенольных веществ, антиоксидантов и вкусовые сочетания [5].

Цель работы: разработать рецептуру блюда молекулярной кухни Томатные спагетти и проанализировать физико-химический

состав томатов и моркови, которые входят в его состав. Дополнительно были приготовлены спагетти из соков винограда и апельсинов для сравнения органолептических показателей блюд. Изучить физико-химические показатели винограда и апельсина.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектами исследования были томаты и морковь сорта «Чарли» и «Витаминная» соответственно. У данных образцов были изучены такие показатели, как массовые доли титруемых кислот, растворимых сухих веществ и редуцирующих сахаров. Работа велась с использованием ГОСТа 51434-99 (определение титруемых кислот), ГОСТ 8756.13-87 (определение массовой концентрации сахара), а также ГОСТ 28562-90 (определение массовой доли сухих веществ).

Титруемая кислотность – это меры содержания минеральных и органических кис-

РАЗРАБОТКА БЛЮД МОЛЕКУЛЯРНОЙ КУХНИ С ПОВЫШЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ

лот, определяемая титрованием в соответствии с настоящим стандартом [1].

Сущность метода исследования содержания количества сахара основан на способности карбонильных групп сахаров восстанавливать в щелочной среде оксид меди (II) до оксида меди (I). При растворении железозаммонийными квасцами образовавшийся оксид меди (I), окисляясь до оксида меди (II), восстанавливает железо (III) в железо (II), количество которого определяют титрованием раствором марганцовокислого калия. Метод применяется при возникновении разногласий в оценке качества [2].

Общее содержание фенольных веществ определяется фотоколориметрическим методом [6].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЯ

Рецептура блюда томатные спагетти представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Рецепт блюда томатные спагетти

Table 1 - Recipe of tomato spaghetti dish

Ингредиенты	Масса брутто, г	Масса нетто, г
Томаты	236	200
Морковь	54	40
Стебель сельдерея	48	40
Чеснок	13	10
Томатная паста	20	20
Петрушка	14	10
Куриный бульон	100	100
Перец чёрный молотый	1	1
Соль	2	2
Агар-агар	10	10

Технология приготовления включает в себя первичную обработку овощей по всем правилам СанПиН. После овощи нарезаются и тушатся с томатной пастой, специями с добавлением бульона около 30–40 мин на среднем огне до размягчения. Овощи из-

мельчаются блендером и проходят протирающие через сито. В полученную массу вводится сухой агар-агар как загуститель [7], и она подвергается нагреву в течение 10 мин при постоянном помешивании. Получившейся массой наполняют специальную систему для спагетти молекулярной кухни и опускают их в холодную воду на 2–3 мин. После застывания при помощи той же системы блюдо выкладывается на тарелку, украшается и подаётся.

Фото готового блюда представлены на рисунке 1.



Рисунок 1 – Томатные спагетти

Figure 1 - Tomato spaghetti

После разработки рецептуры и приготовления блюда были проведены исследования томатов и моркови, которые входят в состав блюда. Было установлено, что в исследуемых образцах содержание растворимых сухих веществ: в томатах 6,9 %, а в моркови – 9,2 %; массовая доля титруемых кислот в моркови составляет на 0,5 % меньше, чем в томатах.

Дополнительно были проведены исследования физико-химического состава сока апельсина и винограда для сравнения показателей

График сравнения результатов представлен на рисунках 2–3.

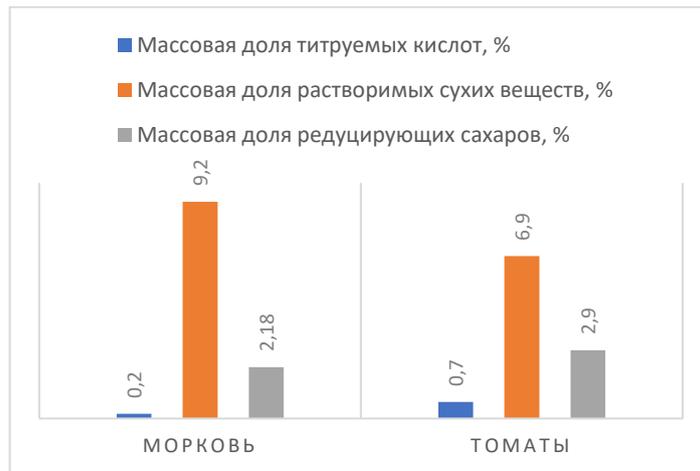


Рисунок 2 – Результаты исследований физико-химических показателей блюда Томатные спагетти

Figure 2 - Results of studies of physico-chemical parameters of Tomato spaghetti dishes

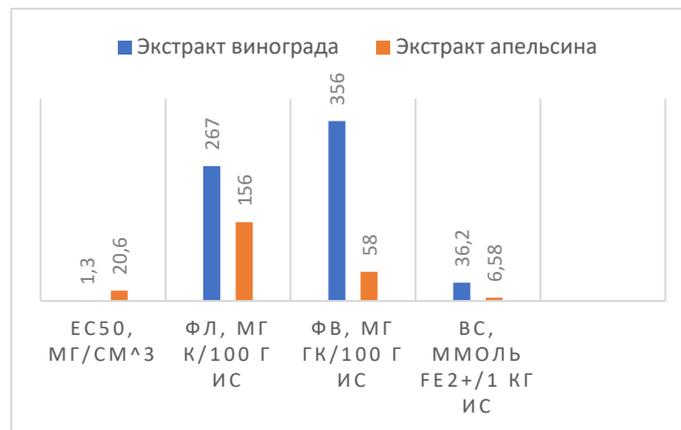


Рисунок 3 – Результаты исследований химического состава и антиоксидантных показателей экстрактов винограда и апельсина

Figure 3 - Results of studies of antioxidant indicators of grape and orange extracts

Кроме Томатных спагетти дополнительно были приготовлены спагетти из апельсинового и виноградного соков. Сравнение органолептических показателей [8] представлены на рисунке 4.

Данные исследования проводились для сравнения физико-химических показателей и антиоксидантной активности продуктов с целью выявления наивысших показателей, чтобы в дальнейшем их можно было внести в следующие блюда молекулярной кухни и за счет этого повысить полезные свойства готового изделия.

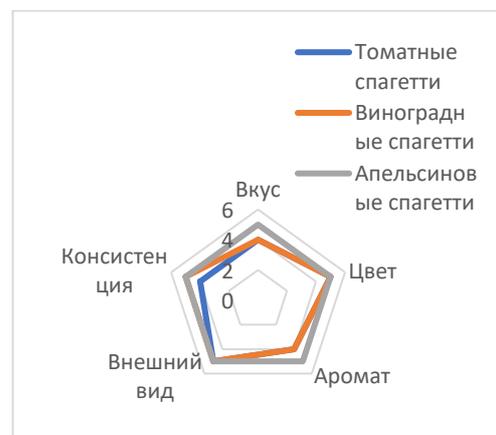


Рисунок 4 – Сравнение органолептических показателей трёх видов спагетти

Figure 4 - Comparison of organoleptic parameters of three types of spaghetti

РАЗРАБОТКА БЛЮД МОЛЕКУЛЯРНОЙ КУХНИ С ПОВЫШЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ

ВЫВОДЫ

В ходе работы были поставлены и выполнены такие задачи, как разработка блюда молекулярной кухни Томатные спагетти; изучение химического состава ингредиентов моркови и томатов, входящих в блюдо. Дополнительно были представлены результаты физико-химических показателей соков винограда и апельсинов, проведена органолептическая оценка трёх видов спагетти.

Исследования проводились с целью обнаружения ценных природных компонентов и физиологически функциональных ингредиентов, которые играют большую роль в организме человека. В дальнейшем это поможет при разработке и усовершенствовании рецептур блюд молекулярной кухни.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 51434-99 Соки фруктовые и овощные. Метод определения титруемой кислотности. 1999. Москва: Стандартинформ.
2. ГОСТ 8756.13-87 Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения сахаров. 1987. Москва: Стандартинформ.
3. Хестон Б. Наука кулинарии или молекулярная гастрономия. Бостон : Bloomsbury USA, 2006. 53 с.
4. Нифантьев Э.Е., Парамонова Н.Г. Основы прикладной химии. Москва : Владос, 2002. 144 с.
5. Долгополова, С.В. Новые кулинарные технологии. Москва : Ресторанные ведомости, 2005.
6. Antioxidant phytochemicals and antioxidant capacity of biofortified carrots (*Daucus carota* L.) of various colors / T. Sun, P.W. Simon, S.A. Tanumihardjo // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2009. V. 57. № 10. С. 4142–4147.
7. ГОСТ 16280-2002 Агар пищевой. Технические условия. 2002. Москва: Стандартинформ.
8. ГОСТ 31986-2012 Метод органолептической оценки качества продукции общественного питания. 2012. Москва: Стандартинформ.

Информация об авторах

И. А. Кустова – кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология и организация общественного питания» Самар-

ского государственного технического университета.

О. В. Окопная – студентка кафедры «Технология и организация общественного питания» Самарского государственного технического университета.

А. А. Гайдукова – студентка кафедры «Технология и организация общественного питания» Самарского государственного технического университета.

REFERENCES

1. Fruit and vegetable juices. Method for determining titrated acidity (1999). *Russian National Standard 51434-99*. Moscow : Standartinform (In Russ.).
2. Fruit and vegetable processing products. Methods for the determination of sugars. (1987). *Russian National Standard 8756.13-87*. Moscow : Standartinform (In Russ.).
3. Heston, B. (2006). *The science of cooking or molecular gastronomy*. Boston: Bloomsbury USA.
4. Nifantiev, E.E. & Paramonova, N.G. (2005). *Fundamentals of applied chemistry*. Moscow : Vlados. (In Russ.)
5. Dolgopolova, S.V. (2005). *New culinary technologies*. Moscow: Restaurant Vedomosti. (In Russ.)
6. Sun, T. Simon, P.W. & Tanumihardjo S.A. (2009). Antioxidant phytochemicals and antioxidant capacity of biofortified carrots (*Daucus carota* L.) of various colors. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(10), 4142-4147.
7. Food agar. Technical conditions. (2002). *Russian National Standard 16280-2002*. Moscow : Standartinform (In Russ.).
8. Method of organoleptic assessment of the quality of public catering products. (2012). *Russian National Standard 31986-2012*. Moscow : Standartinform (In Russ.).

Information about the authors

I. A. Kustova - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department "Technology and organization of Public catering" of Samara State Technical University.

O. V. Okopnaya - student of the Department "Technology and organization of public Catering" of Samara State Technical University.

A. A. Gaidukova - student of the Department "Technology and organization of public Catering" of Samara State Technical University.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 28.03.2022; одобрена после рецензирования 06.05.2022; принята к публикации 17.05.2022.

The article was received by the editorial board on 28 Mar 22; approved after reviewing on 6 May 22; accepted for publication on 17 May 22.



РАЗДЕЛ 2. ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ, НАУКИ О МАТЕРИАЛАХ, МЕТАЛЛУРГИЯ

Научная статья

05.17.06 – Технология и переработка полимеров и композитов (технические науки)
УДК 678.6

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.02.014



ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ СВЧ ОБРАБОТКИ БАЗАЛЬТОНАПОЛНЕННОГО ЭПОКСИДНОГО ОЛИГОМЕРА

Екатерина Юрьевна Васинкина ¹, Светлана Геннадьевна Калганова ²,
Юлия Александровна Кадыкова ³

^{1, 2, 3} Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., Саратов, Россия

¹ vasinkina1987@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4247-9262>

² s.kalganova2016@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2155-3192>

³ 79053818212@yandex.ru, , <https://orcid.org/0000-0002-5581-0970>

Аннотация. В работе исследовано воздействие СВЧ электромагнитного поля на физико-химические и механические характеристики эпоксидбазальтопластика. Доказано термическое действие СВЧ электромагнитного поля в диапазоне 100–700 Вт, что связано с химическим составом базальта, а именно с содержанием оксидов металлов. Исследование кинетики отверждения показало, что воздействие СВЧ ЭМП на эпоксидный олигомер снижает время гелеобразования и отверждения по сравнению с немодифицированным олигомером, что связано со снижением вязкости олигомера. Выбраны оптимальные параметры СВЧ обработки эпоксидного олигомера, обеспечивающие улучшение всего комплекса характеристик. Отмечено возрастание разрушающего напряжения при изгибе на 65 %, ударной вязкости на 14 %, твердости на 11 %.

Ключевые слова: эпоксидный олигомер, базальтовый наполнитель, СВЧ электромагнитное поле, мощность и продолжительность СВЧ обработки, физико-химические и механические свойства.

Для цитирования: Васинкина, Е. Ю., Калганова, С. Г., Кадыкова, Ю. А. Выбор параметров базальтонаполненного эпоксидного олигомера // Ползуновский вестник. 2022. № 2. С. 102 - 107. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.02.014. EDN: <https://elibrary.ru/jxsxen>.

Original article

SELECTION OF PARAMETERS OF MICROWAVE PROCESSING OF BASALT-FILLED EPOXY OLIGOMER

Ekaterina Yu. Vasinkina ¹, Svetlana G. Kalganova ², Yulia A. Kadykova ³

^{1, 2, 3} Saratov State Technical University named after Yuri Gagarin, Saratov, Russia

¹ vasinkina1987@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4247-9262>

² s.kalganowa2016@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2155-3192>

³ 79053818212@yandex.ru, , <https://orcid.org/0000-0002-5581-0970>

Abstract. *The effect of the microwave electromagnetic field on the physicochemical and mechanical characteristics of epoxybasaltoplastics is investigated in this work. The thermal effect of the microwave electromagnetic field in the range of 100-700 W has been proved, which is due to the chemical composition of basalt, namely, the content of metal oxides. The study of the kinetics of curing showed that the effect of microwave EMF on the epoxy oligomer reduces the gelation and curing time compared to the unmodified oligomer, which is associated with a decrease in the viscosity of the oligomer. Optimal parameters of microwave processing of the epoxy oligomer have been selected, ensuring the improvement of the entire complex of characteristics. There was an increase in the destructive stress during bending by 65%, impact strength by 14%, hardness by 11%.*

Keywords: epoxy oligomer, basalt filler, microwave electromagnetic field, power and duration of microwave treatment, physico-chemical and mechanical properties.

For citation: Vasinkina, E. Yu., Kolganova, S. G. & Kadykova, Yu. A. (2022). The choice of parameters of a basalt-filled epoxy oligomer. *Polzunovskiy vestnik*, (2), 102-107. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.02.014.

ВВЕДЕНИЕ

В СГТУ имени Гагарина Ю.А. разработана специализированная конвейерная СВЧ установка для нетепловой модификации полимерных материалов [1, 2], отличающаяся возможностью регулирования уровня генерируемой мощности в диапазоне от 100 до 3000 кВт и продолжительности процесса обработки объекта от 6 до 100 с в методическом режиме работы установки. Установлено, что СВЧ электромагнитное поле оказывает нетепловое воздействие на терморезактивные и термопластичные полимеры, при этом улучшая физико-механические свойства, что свидетельствует о модифицирующем воздействии СВЧ электромагнитных колебаний на структуру полимеров.

Так как эпоксидный полимер практически не применяется в «чистом» виде, для снижения хрупкости в его состав вводят пластифицирующие добавки, для уменьшения горючести – антипирены [3], для повышения всего комплекса физико-механических характеристик и снижения стоимости – различные волокнистые или дисперсные наполнители [4–6]. Поэтому в данной работе для электрофизической модификации СВЧ ЭМП использо-

ван ранее разработанный состав [7, 9], содержащий 70 масс.ч. ЭД-20, 30 масс.ч. пластификатора ТХЭФ и 50 масс.ч. базальтового наполнителя.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Для выбора параметров электрофизической модификации СВЧ электромагнитным полем (ЭМП) базальтонаполненного эпоксидного олигомера на начальном этапе осуществляли выбор СВЧ мощности в интервале от 100 до 500 Вт при продолжительности обработки 31 сек.

В СВЧ установке задается генерируемая мощность, часть которой переотражается от стенок волновода по пути в рабочую камеру. В рабочей камере оставшаяся часть энергии поглощается образцом, а часть энергии уходит в балластную нагрузку. В исследовательских целях перспективно определить поглощенную мощность (таблица 1), т.е. мощность, поглощенную образцом в процессе воздействия СВЧ ЭМП. В результате с увеличением СВЧ мощности возрастают поглощенная мощность от 13 до 19 % и температура базальтонаполненного эпоксидного олигомера.

Таблица 1 – Зависимость поглощённой мощности и температуры от генерируемой мощности

Table 1 - Dependence of absorbed power and temperature on the generated power

$P_{\text{СВЧ}}, \text{Вт}$	$P_{\text{полн}}, \text{Вт/см}^3 \pm 7$	$T, \text{°C} \pm 3$	Взаимодействие
–	–	21	Нетепловое воздействие
100	17	25	
200	28	123	Термическое воздействие
300	46	163	
400	54	186	
500	98	202	Деструкция
600	103	209	
700	130	217	

Примечание: время обработки – 31 с; $P_{\text{СВЧ}}, \text{Вт}$ – генерируемая СВЧ мощность, $P_{\text{полн}}, \text{Вт/см}^3$ – мощность, поглощённая образцом.

Определены (рисунок 1) три характерные области, соответствующие температуре наполненного эпоксидного олигомера, а именно область так называемого «нетеплового» воздействия, при нагреве эпоксидбазальтового олигомера на 3–4 °С при низком уровне поглощенной СВЧ мощности 17 Вт/см³. Вторая характерная область при уровне поглощенной мощности базальтонаполненного эпоксидного олигомера от 28 Вт/см³ до 54 Вт/см³ – это область термического воздействия, для данной области характерен резкий рост температуры, когда температура значительно повышается на 165 °С, и третья область, когда температура приближается к температуре разложения олигомера – область деструкции при уровне поглощенной мощности более 98 Вт/см³ и повышения температуры свыше 200 °С.

Таким образом, при введении в пластифицированный эпоксидный олигомер базальтового наполнителя наблюдается термическое воздействие СВЧ ЭМП в диапазоне 100–700 Вт, что, по-видимому, связано с химическим составом базальта, а именно с содержанием оксидов металлов (Fe₂O₃, FeO, Al₂O₃ и др.) [10], что приводит к нагреву базальтонаполненного эпоксидного материала под действием СВЧ ЭМП.

Так как СВЧ воздействие способно изменять процессы структурообразования в наполненном эпоксидном олигомере и тем

самым влиять на структуру и свойства композиционного материала, изучено влияние СВЧ модификации на кинетику отверждения (таблица 2) [11].

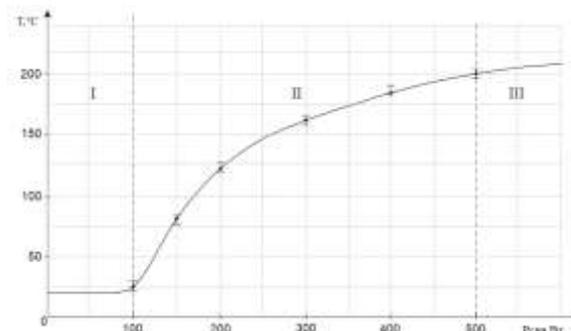


Рисунок 1 – Влияние поглощенной мощности на температуру наполненного эпоксидного композита

Figure 1 - The effect of absorbed power on the temperature of the filled epoxy composite

Таблица 2 – Кинетика отверждения эпоксидных композиций

Table 2 - Kinetics of curing of epoxy compositions

Кинетические параметры	Без модификации	Модификация базальтонаполненного эпоксидного олигомера в СВЧ ЭМП
Время гелеобразования, $T_{\text{гел.}}$, МИН	70	42
Время отверждения, $T_{\text{отв.}}$, МИН	82	61
Максимальная температура отверждения, T_{max} , °С	85	87

Примечание: состав композиции, масс.ч.: 70ЭД-20+30ТХЭФ+50базальт+15ПЭПА; мощность СВЧ обработки – 400 Вт.

Исследование кинетики отверждения показало, что для модифицированного наполненного эпоксидного олигомера разветвленные макромолекулы при отверждении формируются в течение 42 мин с завершённостью реакции отверждения при 87 °С. Воздействие СВЧ ЭМП на эпоксидный олигомер снижает время гелеобразования и отверждения по сравнению с немодифицированным олигомером, что связано, в том числе и со снижением вязкости олигомера. Так, при СВЧ

ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ СВЧ ОБРАБОТКИ БАЗАЛЬТОНАПОЛНЕННОГО ЭПОКСИДНОГО ОЛИГОМЕРА

мощности 400 Вт вязкость уменьшается более чем в три раза (таблица 4).

Таблица 4 – Вязкость эпоксидных композиций состава, масс.ч.: 70ЭД-20+30ТХЭФ+50базальт+15ПЭПА

Table 4 - Viscosity of epoxy compositions of the composition, wt.h.: 70 ET-20+30THEF+50bazalt+15PEP

Р _{свч} , Вт	Динамическая вязкость, Па·с
–	1,4
100	1,2
200	0,9
300	0,6
400	0,4
500	0,4
600	0,4

Примечание: состав композиции, масс.ч.: 70ЭД-20+30ТХЭФ+50базальт+15ПЭПА; Р_{свч}, Вт – мощность СВЧ обработки.

Степень отверждения для всех модифицированных ПКМ высокая и составляет более 97 %, что свидетельствует о полной сшивке эпоксидного композита.

При исследовании воздействия СВЧ мощности на физико-механические свойства эпоксидбазальтопластика отмечено возрастание разрушающего напряжения при изгибе с 80 до 132 МПа, ударной вязкости с 13 до 19 кДж/м², твердости с 250 до 298 МПа (таблица 5).

Таким образом, наиболее перспективна обработка базальтонаполненного эпоксидного олигомера СВЧ электромагнитным полем при мощности 400 Вт, т.к. при этом достигаются наиболее высокие значения механических свойств при неизменности физико-химических характеристик.

СВЧ конвейерная установка для модифицирующего СВЧ воздействия на диэлектрические объекты имеет возможность регулирования не только мощности, но и уровня продолжительности процесса обработки объекта. Поэтому целесообразно было выбрать продолжительность обработки базальтонаполненного эпоксидного олигомера СВЧ электромагнитным полем.

Таблица 5 – Зависимость физико-механических свойств эпоксидной композиции состава, масс.ч.: 70ЭД-20+30ТХЭФ+50базальт+15ПЭПА от мощности СВЧ электромагнитного поля

Table 5 - Dependence of the physico-mechanical properties of the epoxy composition, wt.h.: 70ED-20+30THEF+50bazalt+15PEP on the power of the microwave electromagnetic field

Р _{свч} , Вт	Ударная вязкость, кДж/м ²	Разрушающее напряжение при изгибе, МПа	Твердость по Бринеллю, МПа
–	13	80	250
100	18	100	262
200	22	119	275
300	24	126	284
400	27	132	295
500	24	124	279
600	18	120	263

На основании анализа физико-механических свойств наиболее высокие характеристики достигаются при продолжительности СВЧ обработки в течение 24 с (таблица 6).

Таблица 6 – Влияние напряженности электрического поля на физико-механические свойства эпоксидной композиции состава, масс.ч.: 70ЭД-20+30ТХЭФ+50базальт+15ПЭПА

Table 6 - Influence of the electric field strength on the physico-mechanical properties of the epoxy composition of the composition, wt.h.: 70ED-20+30THEF+50bazalt+15PEP

Продолжительность СВЧ воздействия, с	Ударная вязкость, кДж/м ²	Разрушающее напряжение при изгибе, МПа	Твердость по Бринеллю, МПа
31	27	143	298
27	29	152	306
24	33	168	314
21	30	163	310
19	28	154	309

ВЫВОДЫ

Таким образом, доказана целесообразность воздействия СВЧ электромагнитного поля на базальтонаполненный эпоксидный олигомер:

- установлены оптимальные режимы СВЧ модификации базальтонаполненного эпоксидного олигомера: СВЧ мощность – 400 Вт; продолжительности обработки – 24 с.

- выявлено термическое действие СВЧ ЭМП в диапазоне 100–700 Вт, что связано с химическим составом базальта, а именно с содержанием оксидов металлов;

- исследование кинетики отверждения показало, что воздействие СВЧ ЭМП на эпоксидный олигомер снижает время гелеобразования и отверждения по сравнению с немодифицированным олигомером, что связано со снижением вязкости олигомера;

- доказана эффективность и целесообразность использования СВЧ электромагнитного поля для модификации базальтонаполненного эпоксидного олигомера, т.к. улучшаются физико-химические и механические характеристики композиционного материала на его основе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Комбинированная установка для СВЧ обработки материалов с различными диэлектрическими свойствами : пат. 86373 U1 Рос. Федерация № 2009100389/22; опуб. 27.08.2009, Бюл. №6/64. 10 с.
2. Калганова С.Г. Электротехнология нетепловой модификации полимерных материалов в СВЧ электромагнитном поле : автореф. дис. ... д-ра техн. наук. 2009. 32 с.
3. Высокоэффективные пластификаторы-антипирены для эпоксидных полимеров / А.С. Мостовой [и др.] // Перспективные материалы. 2019. № 2. С. 36–43.
4. Мостовой А.С., Курбатова Е.А. Направленное регулирование свойств эпоксидных композитов, наполненных кирпичной пылью // Журнал прикладной химии. 2017. Т. 90. № 2. С. 246–256.
5. Мостовой А.С., Леденев А.Н. Модификация эпоксидных полимеров гексагональным нитридом бора // Вопросы материаловедения. 2017. № 1 (89). С. 147–154.
6. Исследование влияния тонкоизмельченного хромита на физико-химические и механические свойства модифицированных эпоксидных композитов / А.С. Мостовой [и др.] // Журнал прикладной химии. 2018. Т. 91. № 11. С. 1549–1558.
7. Мостовой А.С., Нуртазина А.С., Кадыкова Ю.А. Эпоксидные композиты с повышенными эксплуатационными характеристиками, наполненные дисперсными минеральными наполнителями // Вестник Воронежского государственного универ-

ситета инженерных технологий. 2018. Т. 80. № 3 (77). С. 330–335.

8. Кадыкова Ю.А., Улегин С.В. Направленное регулирование свойств эпоксиднобазальтопластиков // Известия Волгоградского государственного технического университета. 2015. № 7 (164). С. 130–131.

9. BASALT-FILLED EPOXY COMPOSITE MATERIALS / S.V. Ulegin [и др.] // International Polymer Science and Technology. 2014. Т. 41. № 5. С. 57–60.

10. Кадыкова Ю.А. Физико-химические закономерности создания полимерматричных композитов функционального назначения на основе базальтовых дисперсно-волоконистых наполнителей, углеродных и стеклянных волокон : автореф. дис. ... д-ра техн. наук. С., 2013. 42 с.

11. Калганова С.Г., Архангельский Ю.С. Нетепловое воздействие СВЧ электромагнитного поля на диэлектрические объекты // Электротехнологические СВЧ установки. 2000. С. 53–56.

Информация об авторах

Е. Ю. Васинкина – ассистент кафедры «Электроэнергетика и электротехника», ФГБОУ ВО «СГТУ имени Гагарина Ю.А.».

С. Г. Калганова – д.т.н., доцент кафедры, «Электроэнергетика и электротехника», ФГБОУ ВО «СГТУ имени Гагарина Ю.А.», заведующий кафедрой «Электроэнергетика и электротехника».

Ю. А. Кадыкова – д.т.н., доцент, профессор кафедры «Электроэнергетика и электротехника», ФГБОУ ВО «СГТУ имени Гагарина Ю.А.».

REFERENCES

1. Arkhangelsk, Yu.S., Kalganova, S.G., Grishina, E.M. & Lavrentiev, V.A. (2009). Combined installation for microwave processing of materials with various dielectric properties *Pat. RU 86373 U1. Russian Federation, published on 27.08.2009.* Bull. No. 6/64. (In Russ.).
 2. Kalganova, S.G. (2009). Electrotechnology of non-thermal modification of polymer materials in a microwave electromagnetic field. Doctoral Dissertation Saratov. (In Russ.).
 3. Mostovoy, A.S., Nurtazina, A.S., Kadykova, Yu.A. & Bekeshev, A.Z. (2019). Highly effective plasticizers-flame retardants for epoxy polymers *Promising materials* (2) 36-43. (In Russ.).
 4. Mostovoy, A.S. & Kurbatova, E.A. (2017). Directional regulation of the properties of epoxy composites filled with brick dust. *Journal of Applied Chemistry* 90(2), 246-256. (In Russ.).
 5. Mostovoy, A.S. & Ledenev, A.N. (2017). Modification of epoxy polymers with hexagonal boron nitride *Questions of material science.* (1) 147-154 (In Russ.).
 6. Mostovoy, A.S., Nurtazina, A.S., Burmistrov, I.N. & Kadykova, Yu.A. (2018). Investigation of the effect of finely ground chromite on the physico-
- ПОЛЗУНОВСКИЙ ВЕСТНИК № 2 2022

ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ СВЧ ОБРАБОТКИ БАЗАЛЬТОНАПОЛНЕННОГО ЭПОКСИДНОГО ОЛИГОМЕРА

chemical and mechanical properties of modified epoxy composites. *Journal of Applied Chemistry*, 91 (11), 1549-1558. (In Russ.).

7. Mostovoy, A.S., Nurtazina, A.S. & Kadykova, Yu.A. (2018). Epoxy composites with increased operational characteristics filled with dispersed mineral fillers. *Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies*, 3 (77), 330-335. (In Russ.).

8. Kadykova, Yu.A. & Ulegin, S.V. (2015). Directional regulation of the properties of epoxybasaltoplastics. *Izvestiya Volgograd State Technical University*, 7 (164), 130-131. (In Russ.).

9. Ulegin, S.V., Kadykova, Y.A., Artemenko, S.E. & Demidova, S.A. (2014). BASALT-FILLED EPOXY COMPOSITE MATERIALS *International Polymer Science and Technology*, 41(5), 57-60.

10. Kadykova, Yu.A. (2013). Physico-chemical laws of the creation of polymer matrix composites of functional purpose based on basalt dispersed-fibrous fillers, carbon and glass fibers. Extended abstract of Doctors thesis. Saratov. (In Russ.).

11. Kalganova, S.G. & Arkhangelsky, Yu.S. (2000). Nonthermal effect of the microwave electro-

magnetic field on dielectric objects *Electrotechnological microwave installations*, 53-56. (In Russ.).

Information about the authors

E. Yu. Vasinkina - assistant of the Department "Electric Power Engineering and Electrical Engineering". FGBOU VO "Gagarin State Technical University Yu.A.".

S. G. Kalganova - Doctor of Technical Sciences, Associate Professor of the Department, "Electric Power Engineering and Electrical Engineering". FGBOU VO "Gagarin State Technical University named after Yu.A.", Head of the Department "Electro-power Engineering and Electrical Engineering".

Yu. A. Kadykova - Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of "Electric Power Engineering and Electrical Engineering", FGBOU VO "Gagarin State Technical University Yu.A.".

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 28.03.2022; одобрена после рецензирования 06.05.2022; принята к публикации 17.05.2022.

The article was received by the editorial board on 28 Mar 22; approved after reviewing on 6 May 22; accepted for publication on 17 May 22.



Научная статья
2.6.13. Процессы и аппараты химических технологий (технические науки)
УДК: 621.928.6
doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.02.015



ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ УПРОЩЕННОЙ МОДЕЛИ МУЛЬТИВИХРЕВОГО КЛАССИФИКАТОРА С СООСНО РАСПОЛОЖЕННЫМИ ТРУБАМИ

Вадим Эдуардович Зинуров¹, Ильнур Наилович Мадышев²,
Айгуль Айратовна Каюмова³, Ксения Сергеевна Моисеева⁴

^{1, 2, 3, 4} Казанский государственный энергетический университет, Казань, Россия
² Казанский национальный исследовательский технологический институт, Казань, Россия
¹ vadd_93@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1380-4433>
² ilnyr_91@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9513-894X>
³ ovakayum@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-4724-741X>
⁴ kseniyamoiseeva_s@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5980-3188>

Аннотация. Важной задачей при производстве мелкодисперсного сыпучего материала на основе силикагеля является получение узкой фракции порошка требуемой дисперсности. Существующие аппараты ввиду требуемой дисперсности сыпучего порошка, технологических и других параметров не всегда позволяют это осуществлять. В работе рассмотрены различные классификаторы. Показаны их недостатки для проведения фракционирования сыпучего материала на основе силикагеля на предприятии «Салаватский катализаторный завод». Авторами работы была предложена конструкция мультिवихревого классификатора для получения порошка размером от 10 до 40 мкм. Целью данной работы является получение экспериментальной зависимости гидравлического сопротивления упрощенной модели мультिवихревого классификатора от средней скорости движения газового потока. Представлены 3 упрощенные модели мультिवихревого классификатора. Представлена схема экспериментальной установки. Описана методика проведения экспериментов. На основе проведенной работы были сделаны следующие выводы: 1) потери давления в упрощенных моделях мультिवихревого классификатора составляют от 6 до 670,5 Па при входной средней скорости газового потока от 4,1 до 23,6 м/с; 2) максимальное гидравлическое сопротивление соответствует первой модели с наибольшим количеством местных сопротивлений – прямоугольных щелей; 3) получены уравнения гидравлического сопротивления и коэффициентов гидравлического сопротивления от средней скорости движения газового потока для 3 моделей мультिवихревого классификатора; 4) качественно получено, что существует критический эквивалентный диаметр межтрубного пространства, отражающий начало разрушения вихревой структуры в мультिवихревом классификаторе. Данный фактор приводит к увеличению гидравлического сопротивления аппарата.

Ключевые слова: классификатор, разделение сыпучего материала, силикагель, классификация, фракционирование порошка, мелкодисперсные частицы, циклонный сепаратор, сепарация, мелкодисперсный порошок, центробежный классификатор, аэродинамическая классификация.

Благодарности: работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента РФ № МК-2710.2021.4.

Для цитирования: Экспериментальное определение гидравлического сопротивления упрощенной модели мультिवихревого классификатора с соосно расположенными трубами / В. Э. Зинуров [и др.]. // Ползуновский вестник. 2022. № 2. С. 108–116. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.02.015. EDN: <https://elibrary.ru/ktmjrk>.

EXPERIMENTAL DETERMINATION OF HYDRAULIC RESISTANCE OF A SIMPLIFIED MODEL OF A MULTI VORTEX CLASSIFIER WITH COAXIALLY ARRANGED PIPES

Vadim E. Zinurov ¹, Ilnur N. Madyshev ², Aigul A. Kayumova ³,
Kseniya S. Moiseeva ⁴

^{1, 2, 3, 4} Kazan State Power Engineering University, Kazan, Russia

² Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia

¹ vadd_93@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1380-4433>

² ilnyr_91@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9513-894X>

³ ovakayum@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-4724-741X>

⁴ kseniyamoiseeva_s@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5980-3188>

Abstract. An important task in the production of fine bulk material based on silica gel is to obtain a narrow fraction of the powder of the required dispersion. Existing devices, due to the required dispersion of bulk powder, technological and other parameters, do not always allow this to be done. The paper considers various classifiers. Their disadvantages for carrying out fractionation of bulk material based on silica gel at the Salavat Catalyst Plant are shown. The authors of the work proposed the design of a multi-vortex classifier for obtaining powder in size from 10 to 40 microns. The aim of this work is to obtain an experimental dependence of the hydraulic resistance of a simplified model of a multi-vortex classifier on the average velocity of the gas flow. 3 simplified models of the multi-vortex classifier are presented. The scheme of the experimental setup is presented. The method of conducting experiments is described. Based on the work carried out, the following conclusions were drawn. 1) Pressure losses in simplified models of a multi-vortex classifier range from 6 to 670.5 Pa at an input average gas flow velocity of 4.1 to 23.6 m/s. 2) The maximum hydraulic resistance corresponds to the first model with the largest number of local resistances - rectangular slots. 3) The equations of hydraulic resistance and coefficients of hydraulic resistance from the average velocity of the gas flow are obtained for 3 models of the multi-vortex classifier. 4) It is qualitatively obtained that there is a critical equivalent diameter of the inter-tube space, reflecting the beginning of the destruction of the vortex structure in the multi-vortex classifier. This factor leads to an increase in the hydraulic resistance of the device.

Keywords: classifier, bulk material separation, silica gel, classification, powder fractionation, fine particles, cyclone separator, separator, fine powder, centrifugal classifier, aerodynamic classification.

Acknowledgements: the study was supported by the grant of the President of the Russian Federation No. MK-2710.2021.4.

For citation: Zinurov, V. E., Madyshev, I. N., Kayumova, A. A. & Moiseeva, K. S. (2022). Experimental determination of hydraulic resistance of a simplified model of a multi vortex classifier with coaxially arranged pipes. *Polzunovskiy vestnik*, (2), 108-116. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.02.015.

В настоящее время для получения узких мелкодисперсных фракций сыпучего материала на основе силикагеля актуальной задачей является разработка новых классификаторов – аппаратов, позволяющих производить фракционирование твердых частиц по крупности [1–4]. Силикагель используется на многих химических, нефтехимических и других промышленных объектах [5]. Порошок представляет собой адсорбент, который применяется для осушки и очистки сред, склон-

ных к разложению и полимеризации, отбензинивания природного газа на установках подготовки газа к транспорту и для других целей [6]. На данный момент основным производителем силикагеля на территории Российской Федерации является промышленное предприятие «Салаватский катализаторный завод» [7]. Повышение качественных характеристик, таких как влагостойкость, сорбционная емкость и др., выпускаемого силикагеля предприятием, является важной задачей.

Одним из решений является улучшение селективности классификаторов, что позволит получать фракции требуемой дисперсности с минимальным количеством в них гранулометрических фракций иных диапазонов, что достигается за счет создания упорядоченной вихревой структуры [8–11]. Также повышение селективности классификаторов будет способствовать ресурсо- и энергосбережению, как в конкретной технологической линии производства силикагеля, так и на текущем предприятии в целом. На данный момент актуальной задачей на предприятии является получение сыпучего материала на основе силикагеля дисперсностью 10–40 мкм [12].

На текущий момент известно большое количество аппаратов для разделения сыпучих материалов на различные гранулометрические фракции по крупности. Их можно разделить на три основные группы: центробежные, гравитационные и ситовые.

Гравитационные классификаторы предназначены для разделения сыпучего материала в жидкой или воздушной среде. Фракционирование сыпучего материала осуществляется под действием силы тяжести. Наиболее известными гравитационными классификаторами являются реечные, спиральные, дражные, чашевые, гидросциляторы и др. Данные аппараты предназначены для фракционирования частиц с граничным зерном, как правило, равным более 80 мкм [13, 14].

Ситовый классификатор представляет собой корпус с набором сит. При этом пористость сита подбирается индивидуально. Ключевым фактором является следующее правило: порошок может проходить через сито, если размер частиц меньше, чем поры сетки, в противном случае частицы порошка остаются на сетке, если их размер больше пор сетки. Сита подразделяются на статические и вибрационные. Ситовые классификаторы предназначены для фракционирования частиц с граничным зерном, как правило, более 40–60 мкм [15, 16].

Центробежные классификаторы производят разделение сыпучего материала за счет возникновения центробежных сил. Данные аппараты подразделяются на две группы: статические и динамические. Первая группа аппаратов не имеет в своей конструкции подвижных элементов, вторая, соответственно, имеет. Центробежные классификаторы предназначены для фракционирования частиц с граничным зерном, как правило, более 10–20 мкм [17, 18].

Как видно, для решения поставленной задачи гравитационные и ситовые классифи-

каторы не могут применяться, так как в большинстве случаев предназначены для более крупных фракций, относительно требуемой дисперсности от 10 до 40 мкм. Центробежные классификаторы могут быть использованы для решения поставленной задачи. Однако большой сложностью применимости данных аппаратов в технологической линии является большая вероятность получения гранулометрических фракций другой дисперсности. Это связано с тем, что заявленные характеристики аппаратов получены при определенных теплофизических и технологических параметрах. Вследствие этого была задача разработки нового классификатора для получения порошка дисперсностью от 10 до 40 мкм.

Авторами работы был разработан новый мультивихревой классификатор [19]. Особенностью данного аппарата является создание множества вихрей в межтрубном пространстве, которые относительно маленького диаметра, что позволяет получать высокие центробежные силы. При этом конструктивные параметры подобраны таким образом, что соседние вихри имели точки соприкосновения, в которых вектора скорости сонаправлены. Таким образом, вихри друг друга поддерживают по высоте межтрубного пространства. Данный аппарат был внедрен на промышленном предприятии «Салаватский катализаторный завод» и в ходе промышленных испытаний показал высокую селективность, составляющую на 12–15 % больше, чем у используемого циклонного сепаратора-классификатора. На данный момент на предприятии используются две модели мультивихревого классификатора. На текущий момент времени стоит задача повышения селективности мультивихревого классификатора. Для этого необходимо детальное изучение газодинамики внутри мультивихревого классификатора. Как известно, для уменьшения финансовых и временных затрат исследователи прибегают к численному моделированию в различных программных пакетах: Ansys Fluent, Solidworks Flow Simulation, Flow Vision и др. Однако на первом этапе необходимо производить верификацию численной модели с результатами лабораторного или промышленного эксперимента. Вследствие этого целью данной работы является получение экспериментальной зависимости гидравлического сопротивления упрощенной модели мультивихревого классификатора от средней скорости движения газового потока.

Для получения экспериментальной выборки данных были изготовлены 3 трехмерные упрощенные модели мультивихревого

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ УПРОЩЕННОЙ МОДЕЛИ МУЛЬТИВИХРЕВОГО КЛАССИФИКАТОРА С СООСНО РАСПОЛОЖЕННЫМИ ТРУБАМИ

классификатора, отличающиеся диаметром внешней цилиндрической трубы, количеством прямоугольных отверстий во внутренней цилиндрической трубе и их шириной. Упрощением данной модели является отсутствие бункера и бокового выходного отверстия. Стоит отметить, что трехмерные модели были распечатаны на 3D принтере из PLA пластика (рисунок 1). Температура эксплуатации составляет от $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$. При этом температура размягчения составляет $50\text{ }^{\circ}\text{C}$. Таким образом, деформация модели в ходе экспериментов при температуре окружающей среды, равной около $23\text{--}30\text{ }^{\circ}\text{C}$, исключалась. Методика расчета конструктивных параметров упрощенных моделей мультिवихревого классификатора представлена в работе [20]. Принцип действия каждой модели заключается в следующем: газовая среда входит в устройство через входной центральный патрубок, далее движется по внутренней трубе вниз до прямоугольных отверстий, которые проделаны в нижней части трубы осесимметрично. Газовый поток в равных долях проходит через прямоугольные щели. При выходе из каждой прямоугольной щели струя газа разделяется на две, каждая из которых движется в противоположную сторону относительно друг друга и образует вихрь в межтрубном пространстве (рисунок 1).

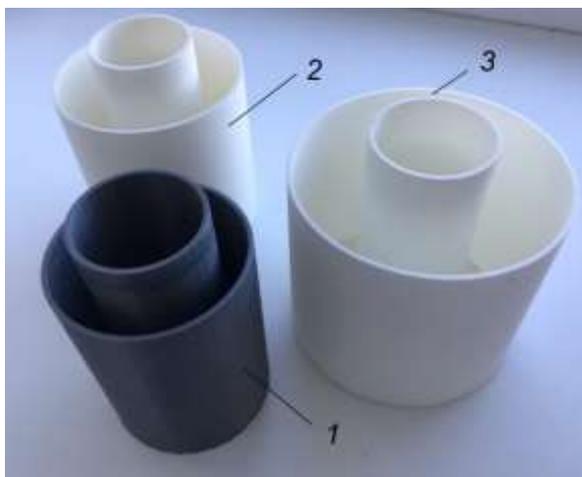


Рисунок 1 – Упрощенные модели мультिवихревого классификатора с соосно расположенными трубами: 1 – первая модель; 2 – вторая модель; 3 – третья модель

Figure 1 - Simplified models of a multi-vortex classifier with coaxially arranged trusses:
1 - the first model, 2 - the second model,
3 - the third model

Так, образуется множество вихрей в межтрубном пространстве устройства, которые движутся по нему к выходу из устройства. Следует отметить, что вихри при своем движении практически не контактируют с поверхностями стенок, кроме областей около внутренней и внешней цилиндрических труб, что позволяет достичь минимального гидравлического сопротивления устройства (рисунок 1).

В ходе создания упрощенных моделей мультिवихревого классификатора принимались следующие постоянные геометрические параметры: высота внутренней цилиндрической трубы – 130 мм, внутренний диаметр внутренней цилиндрической трубы – 50 мм, толщина стенок – 2 мм, высота прямоугольных щелей – 30 мм.

В зависимости от исследуемой модели часть геометрических параметров варьировалась: внутренний диаметр внешней трубы – 80 мм (1 модель), 100 мм (2 модель) и 120 мм (3 модель), количество прямоугольных отверстий во внутренней цилиндрической трубе – 8 шт. (1 модель), 5 шт. (2 модель) и 4 шт. (3 модель), ширина прямоугольной щели – 4 мм (1 модель), 15 мм (2 модель) и 19 мм (3 модель).

Схема экспериментальной установки представлена на рисунке 2. Проведение ряда экспериментов осуществлялось следующим образом. С помощью вентилятора 1 подавался воздух в линию движения газового потока 2. Далее газ проходил через ресивер 3, в нем было проделано 36 отверстий, которые можно было открывать и перекрывать. В ходе проведения экспериментов их постепенно открывали с целью сброса потока газа в окружающую среду, тем самым, уменьшая скорость газа в линии 2. После ресивера 3 газ поступал в трубу Вентури 4, в узкой и широкой частях которой измерялась разница давлений Δp_v , Па с помощью дифференциального манометра 6. Давление окружающей среды p_{out} , Па принималось равным 101325. Труба Вентури 4 позволяла рассчитать массовый расход газа G_m , кг/с в линии 2. Далее газовый поток поступал в упрощенную модель мультिवихревого классификатора с соосно расположенными трубами 5. Для определения гидравлического сопротивления классификатора в линии движения газового потока 2 перед ним устанавливался дифференциальный манометр 7. При этом показания дифференциальных манометров 6 и 7 передавались вычислительному компьютеру 8 с периодичностью в 1 с (рисунок 2).

Марка дифференциальных манометров 6 и 7 – testo 510i (рисунок 2). Технические характеристики измерительных приборов: диапазон измерений от -150 до +150 гПа, погрешность составляет $\pm 0,05$ гПа (0–1 гПа), $\pm (0,02$ гПа + 1,5 % от изм. знач.) (1–150 гПа).

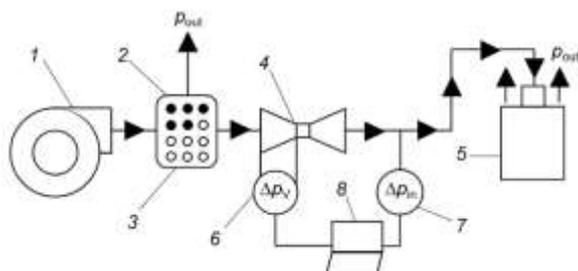


Рисунок 2 – Схема экспериментальной установки для определения гидравлического сопротивления упрощенной модели мультивихревого классификатора: 1 – вентилятор; 2 – линия движения газового потока; 3 – ресивер; 4 – труба Вентури; 5 – упрощенная модель мультивихревого классификатора; 6, 7 – дифференциальные манометры; 8 – вычислительный компьютер

Figure 2 - Scheme of an experimental installation for determining the hydraulic resistance of a simplified model of a multi-vortex classifier: 1 - fan, 2 - gas flow line, 3 - receiver, 4 - Venturi pipe, 5 - simplified model of a multi-vortex classifier, 6, 7 - differential pressure gauges, 8 - computer

Следует отметить, что труба Вентури 4 в экспериментальной установке также была распечатана на 3D принтере (рисунок 2). Ее конструирование осуществлялось по ГОСТу 8.586.4-2005 ГСИ. «Измерение расхода и количества жидкостей и газов с помощью стандартных сужающих устройств. Часть 4. Трубы Вентури» [21].

Массовый расход газового потока определялся по следующей формуле:

$$G_m = 0,00077C\varepsilon\Delta p^{0,5}, \quad (1)$$

где C – коэффициент истечения; ε – коэффициент расширения.

Коэффициент истечения C рассчитывался по выражению (2):

$$\begin{cases} C = 1,009 \left(\beta \frac{10^6}{Re} \right)^{-0,013} & Re < 5 \cdot 10^5 \beta; \\ C = 0,9950 & \text{при } 5 \cdot 10^5 \beta \leq Re < 10^6 \beta; \\ C = 1,000 & \text{при } 10^6 \beta \leq Re < 2 \cdot 10^6 \beta; \\ C = 1,010 & \text{при } 2 \cdot 10^6 \beta \leq Re < 10^8 \beta, \end{cases} \quad (2)$$

где β – относительный диаметр отверстия, принимался равным 0,5; Re – число Рейнольдса.

Коэффициент расширения ε рассчитывался по следующей формуле:

$$\varepsilon = \sqrt{\left(\frac{kT^{\frac{2}{k}}}{k-1} \right) \left(\frac{1-\beta^4}{1-\beta^4 T^{\frac{2}{k}}} \right) \left(\frac{1-T^{\frac{k-1}{k}}}{1-T} \right)}, \quad (3)$$

где $T = 1 - \Delta p / p_{out}$; k – показатель адиабаты.

Число Рейнольдса Re рассчитывалось по выражению:

$$Re = \frac{4 G_m}{\pi D \mu}, \quad (4)$$

где D – внутренний диаметр входного патрубка; μ – динамическая вязкость газа, Па·с.

Среднерасходная скорость газового потока в экспериментальной установке рассчитывалась по выражению (5):

$$W = \frac{4G_m}{\rho \pi D^2}, \quad (5)$$

где ρ – плотность газовой среды, кг/м³.

Гидравлическое сопротивление упрощенной модели мультивихревого классификатора с соосно расположенными трубами Δp Па рассчитывалось по формуле:

$$\Delta p = p_{in} - p_{out}, \quad (6)$$

где p_{in} – давление на входе в мультивихревой классификатор, Па (рисунок 2).

Коэффициент гидравлического сопротивления ξ упрощенной модели мультивихревого классификатора рассчитывался по выражению:

$$\xi = \frac{2\Delta p}{\rho W^2}. \quad (7)$$

Результаты экспериментальных исследований показали, что потери давления в рассмотренных упрощенных моделях мультивихревого классификатора составляют от 6 до 670,5 Па при входной средней скорости газового потока от 4,1 до 23,6 м/с. Максимальное гидравлическое сопротивление соответствует 1 модели с наименьшей площадью межтрубного пространства и наибольшим количеством прямоугольных щелей. С одной стороны, относительно высокое гидравлическое сопротивление 1 модели относительно двух других объясняется более сложной конструкцией: наличием большего количества местных сопротивлений – прямоугольных щелей в количестве 8 шт. в нижней части внутренней цилиндрической трубы. С другой стороны, создается 16 упорядоченных вихрей в межтрубном пространстве с минимальным диаметром, так как площадь межтрубного пространства является

ПОЛЗУНОВСКИЙ ВЕСТНИК № 2 2022

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ УПРОЩЕННОЙ МОДЕЛИ МУЛЬТИВИХРЕВОГО КЛАССИФИКАТОРА С СООСНО РАСПОЛОЖЕННЫМИ ТРУБАМИ

наименьшей среди всех моделей, что позволяет достигать центробежные силы высоких значений. Анализ значений гидравлических сопротивлений 2 и 3 моделей свидетельствует о том, что увеличение диаметра внешней цилиндрической трубы при неизменном диаметре внутренней трубы, соответственно, и увеличению площади межтрубного пространства и уменьшению количества прямоугольных щелей не всегда приводит к увеличению потери давления в устройстве. Например, для 1 модели при скорости газа, равной 4,1–12,1 м/с, потери давления составляют 74,9–670,5 Па, для 2 модели при скорости газа в диапазоне 4,8–23,1 м/с потери давления составляют 6–148 Па, для 3 модели при скорости газа, равной 5,1–23,6 м/с, потери давления составляют 7–165 Па (рисунки 3–5).

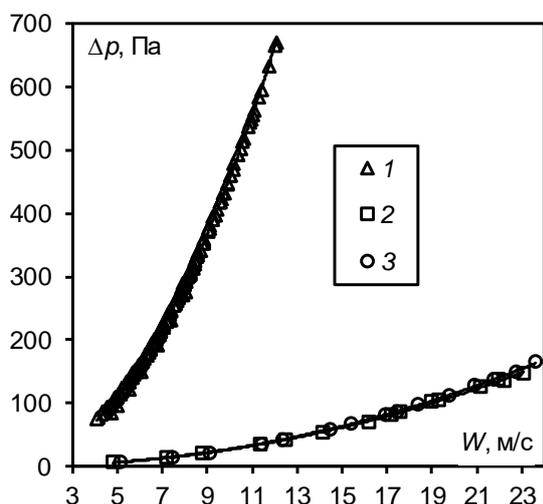


Рисунок 3 – Зависимость гидравлического сопротивления упрощенной модели мультिवихревого классификатора от средней входной скорости газового потока: 1 – первая модель; 2 – вторая модель; 3 – третья модель

Figure 3 - The dependence of the hydraulic resistance of the simplified model of the multi-vortex classifier on the average input velocity of the gas flow: 1 - the first model, 2 - the second model, 3 - the third model

Сравнение гидравлических сопротивлений 1 и 2 моделей показывает, что уменьшение количества прямоугольных щелей приводит к снижению потери давления в устройствах. При сравнении 2 и 3 моделей эффект обратный. Это объясняется нарушением вихревой структуры в межтрубном пространстве – часть вихрей приобретают неупорядоченную структуру. В результате газ начинает

двигаться сплошным хаотичным потоком, что приводит к увеличению трения между газом и поверхностями стенок цилиндрических труб (рисунки 3–5).

Гидравлические сопротивления Δp_1 , Δp_2 и Δp_3 упрощенных моделей 1, 2 и 3 мультिवихревого классификатора от входной скорости газового потока описываются следующими уравнениями (рисунок 3):

$$\begin{cases} \Delta p_1 = 4,12W^{2,05}; \\ \Delta p_2 = 0,22W^{2,07}; \\ \Delta p_3 = 0,23W^{2,08}. \end{cases} \quad (8)$$

Для наглядной визуализации значений коэффициентов гидравлических сопротивлений 1, 2 и 3 моделей результаты были представлены на двух отдельных графиках (рисунки 4 и 5).

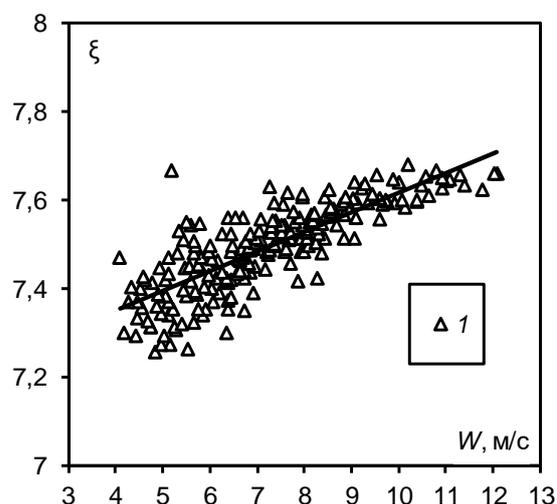


Рисунок 4 – Зависимость коэффициента гидравлического сопротивления упрощенной модели мультिवихревого классификатора от средней входной скорости газового потока: 1 – первая модель

Figure 4 - The dependence of the hydraulic resistance coefficient of the simplified model of the multi-vortex classifier on the average input velocity of the gas flow: 1 - the first model

Коэффициенты гидравлических сопротивлений ξ_1 , ξ_2 и ξ_3 упрощенных моделей 1, 2 и 3 мультिवихревого классификатора от входной скорости газового потока описываются следующими уравнениями (рисунки 4 и 5):

$$\begin{cases} \xi_1 = 0,045W + 7,17; \\ \xi_2 = 0,003W + 0,41; \\ \xi_3 = 0,003W + 7,43. \end{cases} \quad (9)$$

Таким образом, проведенные исследования показали, что устойчивость и структурированность вихревой структуры в межтрубном пространстве упрощенной модели мультивихревого классификатора непосредственным образом влияет на гидравлическое сопротивление аппарата в целом. Иными словами, существует критический эквивалентный диаметр межтрубного пространства, отражающий начало разрушения вихревой структуры в мультивихревом классификаторе. В данной работе этот аспект был продемонстрирован качественно на основе экспериментов.

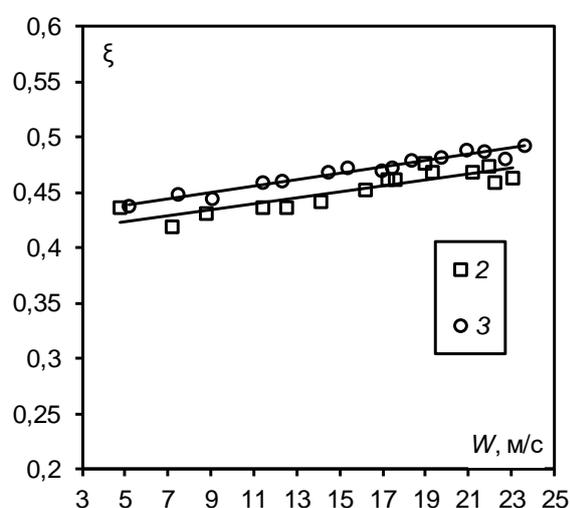


Рисунок 5 – Зависимость коэффициента гидравлического сопротивления упрощенной модели мультивихревого классификатора от средней входной скорости газового потока: 2 – вторая модель; 3 – третья модель

Figure 5 - The dependence of the hydraulic resistance coefficient of the simplified model of the multi-vortex classifier on the average input velocity of the gas flow: 2 - the second model, 3 - the third model

В перспективе на основе численного моделирования данный параметр можно получить в числовом диапазоне. При этом верификация численной модели будет производиться сравнением с экспериментальными данными, полученными в этой работе.

На основе проведенной работы можно сделать следующие выводы:

1) потери давления в упрощенных моделях мультивихревого классификатора составляют от 6 до 670,5 Па при входной средней скорости газового потока от 4,1 до 23,6 м/с;

2) максимальное гидравлическое сопротивление соответствует 1 модели с наибольшим количеством местных сопротивлений – прямоугольных щелей;

3) получены уравнения гидравлического сопротивления и коэффициентов гидравлического сопротивления от средней скорости движения газового потока для 3 моделей мультивихревого классификатора;

4) качественно получено, что существует критический эквивалентный диаметр межтрубного пространства, отражающий начало разрушения вихревой структуры в мультивихревом классификаторе. Данный фактор приводит к увеличению гидравлического сопротивления аппарата.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ширинова Д.Б. Классификация полидисперсного порошка молебденита // Евразийский научный журнал. 2016. № 2. С. 127–128.
2. Капустин Ф.Л., Пономарев В.Б. Получение обогащенного песка из отсеков дробления горных пород на пневматическом классификаторе // Обогащение руд. 2016. № 4(364). С. 56–60. DOI 10.17580/or.2016.04.09.
3. Мякинков А.Г. Технологические возможности многофракционного гравитационного классификатора [Для разделения сыпучих материалов на фракции в комбикормовом производстве] // Пищевая и перерабатывающая промышленность. Реферативный журнал. 2000. № 1. С. 66.
4. Рыбалко Р.И., Гуцин О.В. Исследования процессов аэродинамической классификации сыпучих материалов в двухстадийном сепараторе // Интерстроймех-2016 (Internationalbuilding technics-2016). 2016. С. 129–136.
5. Use of Silica Gel Chemically Modified with Mercapto Groups for the Extraction, Preconcentration, and Spectroscopic Determination of Palladium / V.N. Losev, Yu.V. Kudrina, N.V. Maznyak, A.K. Trofimchuk // Journal of Analytical Chemistry. 2003. Vol. 58. No 2. P. 124–128. DOI 10.1023/A:1022345702703.
6. Пахнутаева Е.А., Слизов Ю.Г. Физико-химические свойства сорбента на основе силикагеля с привитым комплексом медьацетоуксусного эфира // Сорбционные и хроматографические процессы. 2021. Т. 21. № 4. С. 529–539. DOI 10.17308/sorpchrom.2021.21/3637.
7. Скат 3 обеспечил перевод экспортных газопроводов "Газпрома" на российский адсорбент // Газовая промышленность. 2018. № 5 (768). С. 69.
8. Повышение эффективности аспирационных систем при обработке крахмалистого сырья / В.Э. Зинуров, А.В. Дмитриев, Р.Р. Мубаракшина // Ползуновский вестник. 2020. № 2. С. 18–22.
9. Classification of bulk material from the gas flow in a device with coaxially arranged pipes / V.E. Zinurov, A.V. Dmitriev, M.A. Ruzanova, O.S. Dmitrieva // E3S Web of Conferences. 2020. P. 01056. DOI 10.1051/e3sconf/202019301056.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ
УПРОЩЕННОЙ МОДЕЛИ МУЛЬТИВИХРЕВОГО КЛАССИФИКАТОРА
С СООСНО РАСПОЛОЖЕННЫМИ ТРУБАМИ**

10. Influence of process parameters on capturing efficiency of rectangular separator / V. Zinurov, A. Dmitriev, V. Kharkov // Proceedings of ITNT 2020 6th IEEE International Conference on Information Technology and Nanotechnology. 2020. P. 9253320. DOI: 10.1109/ITNT49337.2020.9253320.

11. Подоляко, В.И., Тарасов Б.Т. Совершенствование процесса воздушной классификации проб зерна // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2010. Т. 63. №. 1. С. 61–66.

12. Численное моделирование газодинамики в центробежном классификаторе / В.Э. Зинуров, А.В. Дмитриев, Н.Ф. Сахибгареев, Д.Н. Латыпов, М.Г. Гарипов // Вестник технологического университета. 2021. Т. 24. № 12. С. 128–132.

13. Двухпоточный гравитационный пневматический классификатор сыпучих смесей / И.М. Старшов, М.И. Старшов, Х.Э. Харлампида // Вестник Казанского технологического университета. 2009. № 5. С. 327–332.

14. Влияние поперечной неоднородности потока газа на кривую разделения гравитационного классификатора / Е.А. Шуина, В.Е. Мизонов, Р.Ш. Мисбахов // Вестник Ивановского государственного энергетического университета. 2015. № 5. С. 60–63. DOI 10.17588/2072-2672.2015.5.060-063.

15. Повышение производительности ситовых барабанных классификаторов / А.Л. Фалько, А.В. Крывошея, Е.А. Чернышева, В.Ю. Щербаков // Вестник Донского государственного аграрного университета. 2015. № 4–1(18). С. 54–61.

16. Анализ качества измельченного зерна при использовании дробилок открытого и закрытого типов / В.И. Ширококов, О.С. Федоров, А.Г. Ипатов // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 2(58). С. 69–74.

17. Шуляк В.А., Киркор М.А. Центробежная классификация пищевых порошков // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2005. № 2–3. С. 91–93.

18. Численные исследования закрученного турбулентного течения в сепарационной зоне воздушно-центробежного классификатора / А.В. Шваб, П.Н. Зятиков, Ш.Р. Садретдинов, А.Г. Чепель // Прикладная механика и техническая физика. 2010. Т. 51. № 2(300). С. 39–48.

19. Патент на полезную модель № 201604 У1 Российская Федерация, МПК В01Д 45/04, В04С 5/103. Пылеуловитель-классификатор с соосно расположенными трубами: № 2020128520: заявл. 26.08.2020: опубл. 23.12.2020 / А.В. Дмитриев, О.С. Дмитриева, И.Н. Мадышев [и др.].

20. Разработка классификатора с соосно расположенными трубами для разделения сыпучего материала на основе силикагеля / В.Э. Зинуров, И.Н. Мадышев, А.Р. Ивахненко, И.В. Петрова // Ползунковский вестник. 2021. № 2. С. 205–211.

21. ГОСТ 8.586.4-2005. ГСИ. Измерение расхода и количества жидкостей и газов с помощью стандартных сужающих устройств. Трубы Вентури. Дата введения 2007-01-01. Москва: Стандартинформ.

Информация об авторах

В. Э. Зинуров – ассистент кафедры «Теоретические основы теплотехники» Казанского государственного энергетического университета.

И. Н. Мадышев – кандидат технических наук, старший научный сотрудник кафедры «Оборудование пищевых производств» Казанского национального исследовательского технологического университета.

А. А. Каюмова – студент кафедры «Экономика и организация производства» Казанского государственного энергетического университета.

К. С. Моисеева – студент кафедры «Теоретические основы теплотехники» Казанского государственного энергетического университета.

REFERENCES

1. Shirinova, D.B. (2016). Classification of poly-dispersed molybdenite powder. *Eurasian Scientific Journal*, (2). 127-128. (In Russ.).

2. Kapustin, F.L. & Ponomarev, V.B. (2016). Obtaining enriched sand from rock crushing screenings on a pneumatic classifier. *Ore enrichment*, 4(364), 56-60. DOI 10.17580/or.2016.04.09. (In Russ.).

3. Myakinkov, A.G. (2000). Technological capabilities of a multi-fractional gravity classifier [For separating bulk materials into fractions in feed production]. *Food and processing industry. Abstract journal*, (1), P. 66. (In Russ.).

4. Rybalko, R.I. & Gushchin O.V. (2016). Studies of the processes of aerodynamic classification of bulk materials in two-tiers in a two-stage separator. *Interstroyemeh-2016 (International building techniques-2016)*. 129-136. (In Russ.).

5. Losev, V.N., Kudrina, Yu.V., Maznyak, N.V. & Trofimchuk A.K. (2003). Use of Silica Gel Chemically Modified with Mercapto Groups for the Extraction, Preconcentration, and Spectroscopic Determination of Palladium. *Journal of Analytical Chemistry*, 58(2), 124-128. DOI 10.1023/A:1022345702703.

6. Pakhnutova, E.A. & Slizhov, Yu.G. (2021). Physico-chemical properties of a sorbent based on silica gel with a grafted complex of copper acetoacetic ether. *Sorption and chromatographic processes*, 21(4), 529-539. DOI 10.17308/sorpchrom.2021.21/3637. (In Russ.).

7. Scat 3 ensured the transfer of Gazprom's export gas pipelines to the Russian adsorbent. (2018). *Gas Industry*, 5(768), 69. (In Russ.).

8. Zinurov, V.E., Dmitriev, A.V. & Mubarakshina, R.R. (2020). Improving the efficiency of aspiration systems in the processing of starchy raw materials. *Polzunovsky Vestnik*, (2), 18-22. (In Russ.).

9. Zinurov, V.E., Dmitriev, A.V., Ruzanova, M.A. & Dmitrieva, O.S. (2020). Classification of bulk material from the gas flow in a device with coaxially ar-

ranged pipes. *E3S Web of Conferences*. P. 01056. DOI 10.1051/e3sconf/202019301056.

10. Zinurov, V., Dmitriev, A. & Kharkov V. (2020). Influence of process parameters on capturing efficiency of rectangular separator. *Proceedings of ITNT 2020 - 6th IEEE International Conference on Information Technology and Nanotechnology*. P. 9253320. DOI: 10.1109/ITNT49337.2020.9253320.

11. Podolyako, V.I. & Tarasov, B.T. (2010). Improvement of the process of air classification of grain samples. *Bulletin of the Altai State Agrarian University*, 63(1), 61-66. (In Russ.).

12. Zinurov, V.E., Dmitriev, A.V., Sahibgareev, N.F., Latypov, D.N. & Garipov, M.G. (2021). Numerical modeling of gas dynamics one in a centrifugal classifier. *Bulletin of the Technological University*, 24(12), 128-132. (In Russ.).

13. Starshov, I.M., Starshov, M.I. & Kharlampidi H.E. (2009). Two-flow gravitational pneumatic classifier of bulk mixtures. *Bulletin of the Kazan Technological University*, (5), 327-332. (In Russ.).

14. Shuina, E.A., Mizonov, V.E. & Misbakhov, R.S. (2015). The influence of transverse inhomogeneity of the gas flow on the separation curve of the gravitational classifier. *Bulletin of the Ivanovo State Power Engineering University*, (5), 60-63. DOI 10.17588/2072-2672.2015.5.060-063. (In Russ.).

15. Falko, A.L., Kryvosheya, A.V., Chernysheva, E.A. & Shcherbakov, V.Y. (2015). Improving the performance of network drum classifiers. *Bulletin of the Don State Agrarian University*, 4-1(18), 54-61. (In Russ.).

16. Shirobokov, V.I., Fedorov, O.S. & Ipatov A.G. (2019). Analysis of the quality of crushed grain when using open and closed type crushers. *Bulletin of the Izhevsk State Agricultural Academy*, 2(58), 69-74. (In Russ.).

17. Shulyak, V.A. & Kirkor M.A. (2005). Centrifugal classification of food powders. *Izvestia of higher educational institutions. Food technology*, (2-3), 91-93. (In Russ.).

18. Shvab, A.V., Zyatikov, P.N., Sadretdinov, Sh.R. & Chepel A.G. (2010). Numerical studies of swirling turbulent flow in the separation zone of the air-centrifugal classifier. *Applied Mechanics and technical Physics*, 51(2(300)), 39-48. (In Russ.).

19. Dmitriev, A.V., Dmitrieva, O.S., Madyshev, I.N. [et al.] (2020). Dust collector-classifier with coaxially arranged pipes. Patent 201604 U1. *Russian Federation publ. of 23.12.2020*. (In Russ.).

20. Zinurov, V.E., Madyshev, I.N., Ivakhnenko, A.R. & Petrova, I.V. (2021). Development of a classifier with coaxially arranged pipes for separating a silicate-based material. *Polzunovskiy vestnik*, (2), 205-211. (In Russ.).

21. State system for ensuring the uniformity of measurements. Measurements of liquids and gases flow rate and quantity by means of orifice instruments. Part 4. Venturi tubes. Technical requirements (2007). *HOST 8.586.4-2005 from 1 Jan. 2007*. Moscow : Standartinform. (In Russ.).

Information about the authors

V. E. Zinurov - assistant of the Department "Theoretical foundations of heat engineering" of Kazan State Power Engineering University.

I. N. Madyshev - candidate of technical Sciences, senior researcher of the Department "Equipment for food industry" of Kazan National Research Technological University.

A. A. Kayumova - student of the Department "Economics and organization of production" of Kazan State Power Engineering University.

K. S. Moiseeva - graduate student of the Department "Theoretical foundations of heat engineering" of Kazan State Power Engineering University.

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

Статья поступила в редакцию 28.03.2022; одобрена после рецензирования 17.04.2022; принята к публикации 17.05.2022.

The article was received by the editorial board on 28 Mar 22; approved after reviewing on 17 Apr 22; accepted for publication on 17 May 22.



АБСОРБЦИОННАЯ ОЧИСТКА ГАЗОВ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ КОТЕЛЬНЫХ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА АТМОСФЕРУ

Людмила Аркадьевна Кормина ¹, Дарья Сергеевна Зайцева ²

^{1, 2} Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, Барнаул, Россия

¹ kormina_la@mail.ru

² zaytsevazds@yandex.ru

Аннотация. Снижение воздействия выбросов загрязняющих веществ, в т.ч. диоксида углерода, образующегося при сжигании ископаемого топлива, может быть осуществлено при применении технологий улавливания, утилизации и захоронения. Поглощение CO₂ после сжигания используется в основном на действующих котлоагрегатах – источниках выбросов, где для хемосорбции углекислого газа применяются различные растворители-абсорбенты.

Показана актуальность решения вопроса улавливания диоксида углерода из продуктов сгорания природного газа производственных котельных. Предложен метод улавливания диоксида углерода химической абсорбцией с использованием растворов метилдиэтанолamina (МДЭА) на примере производственной котельной АО «Алтайвагон». Дымовые газы, содержащие CO₂, поступают на очистку в углекислотный цех предприятия с последующей утилизацией углекислого газа, который используется на АО «Алтайвагон» для производства сварочных работ. Предложенный хемосорбент МДЭА отечественного производства по сравнению с используемым в настоящее время на предприятии импортным аналогом обладает определенными преимуществами, что позволит снизить циркуляцию раствора абсорбента, более полно использовать хемосорбент, уменьшить энергозатраты; ввиду низкой коррозионной активности используемого абсорбента и отсутствия смолообразования снизятся затраты на обслуживание и ремонт оборудования. За счет применения отечественного МДЭА взамен импортных аналогов, а также за счет более длительного срока работы абсорбента без снижения его характеристик и добавления свежего абсорбента в процессе эксплуатации произойдет значительная экономия средств на закупку абсорбента.

Улавливание выбросов загрязняющих веществ из дымовых газов позволит решить вопросы как ресурсосбережения, так и уменьшения антропогенной нагрузки на окружающую среду. Кроме того, улавливание диоксида углерода будет способствовать достижению углеродной нейтральности предприятия.

Ключевые слова: процесс абсорбционной очистки газов, дымовые газы, техногенный источник, диоксид углерода, регенерация сорбента, утилизация диоксида углерода, химическая абсорбция, хемосорбент, метилдиэтанолamin, энергозатраты, углеродная нейтральность.

Для цитирования: Кормина, Л. А., Зайцева, Д. С. Абсорбционная очистка газов производственных котельных для снижения антропогенной нагрузки на атмосферу // Ползуновский вестник. 2022. № 2. С. 117 - 121. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.02.016. EDN: <https://elibrary.ru/kudrvp>.

ABSORPTION GAS PURIFICATION OF PRODUCTION BOILER ROOMS FOR REDUCING ANTHROPOGENIC LOAD ON THE ATMOSPHERE

Lyudmila A. Kormina¹, Daria S. Zaitseva²

^{1,2} Polzunov Altai State Technical University, Barnaul, Russia

¹ kormina_la@mail.ru

² zaitsevazds@yandex.ru

Abstract. Reducing the impact of emissions of pollutants, including carbon dioxide, formed during the combustion of fossil fuels, can be carried out with the use of technologies of capture, disposal and burial. The absorption of CO₂ after combustion is mainly used in operating boiler units – sources of emissions, where various solvent -absorbers are used for the chemisorption of carbon dioxide.

The urgency of solving the problem of carbon dioxide capture from natural gas combustion products of industrial boilers is shown. A method of carbon dioxide capture by chemical absorption using solutions of methyldiethanolamine (MDEA) is proposed on the example of a production boiler house of JSC Altayvagon. Flue gases containing CO₂ are supplied to the carbon dioxide workshop of the enterprise for cleaning, followed by the utilization of carbon dioxide, which is used at Altaivagon JSC for welding operations. The proposed chemisorbent MDEA of domestic production in comparison with the imported analogue currently used at the enterprise has certain advantages, which will reduce the circulation of the absorbent solution, use the chemisorbent more fully, reduce energy consumption; due to the low corrosion activity of the absorbent used and the absence of tar formation, the costs of maintenance and repair of equipment will decrease. Due to the use of domestic MDEA instead of imported analogues, as well as due to a longer service life of the absorbent without reducing its characteristics and adding fresh absorbent during operation, significant savings on the purchase of the absorbent will occur.

Capturing emissions of pollutants from flue gases will solve the issues of both resource conservation and reduction of anthropogenic load on the environment. In addition, carbon dioxide capture will contribute to achieving carbon neutrality of the enterprise.

Keywords: absorption gas purification process, flue gases, technogenic source, carbon dioxide, sorbent regeneration, carbon dioxide utilization, chemical absorption, chemisorbent, methyldiethanolamine, energy consumption, carbon neutrality.

For citation: Kormina, L. A. & Zaitseva, D. S. (2022). Absorption gas purification of production boiler rooms for reducing anthropogenic load on the atmosphere. *Polzunovskiy vestnik*, (2), 117-121. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.02.016.

В настоящий момент реальной альтернативы используемым технологиям сжигания ископаемого топлива не существует.

Возможность решения вопросов достижения углеродной нейтральности при сжигании топлива может быть осуществлена при применении технологий улавливания, утилизации и захоронения диоксида углерода (CCUS) [1–2].

Поглощение диоксида углерода из источника выброса – самая затратная часть существующих технологий и в зависимости от характеристики техногенного источника может осуществляться по трем вариантам [3–5]:

- предварительное сжигание, включающее газификацию топлива с отделением диоксида углерода;

- кислородно-топливное сжигание топлива с образованием пара и CO₂, с последующим его улавливанием из продуктов сжигания;

- улавливание углекислого газа после сжигания топлива для последующего использования CO₂ в технологических процессах.

Поглощение CO₂ после сжигания используется в основном на действующих котлоагрегатах – источниках выбросов, где для хемосорбции углекислого газа применяются различные растворители-абсорбенты.

АБСОРБЦИОННАЯ ОЧИСТКА ГАЗОВ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ КОТЕЛЬНЫХ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА АТМОСФЕРУ

Большое влияние на антропогенную нагрузку на воздушную среду оказывают дымовые газы, отходящие от производственных котельных промышленных предприятий.

АО «Алтайвагон» является одним из ведущих предприятий России по производству железнодорожного транспорта.

Теплоснабжение предприятия осуществляется в котельной, основным топливом которой является природный газ. Дымовые газы, содержащие CO_2 , поступают на очистку в углекислотный цех с последующей утилизацией углекислого газа, который используется на АО «Алтайвагон» для производства сварочных работ [8].

Сварочные работы в среде углекислого газа являются наиболее экономичными и эффективными разновидностями электродуговой сварки.

Улавливание и использование диоксида углерода в производстве снижает затраты на проведение сварочных работ и способствует снижению антропогенного воздействия на атмосферу.

В зависимости от параметров котельного оборудования и источников выбросов вредных веществ, экономических условий производства применяют различные методы улавливания CO_2 из продуктов сжигания ископаемого топлива. Одним из наиболее эффективных и экономичных является хемосорбционный метод, основанный на химической реакции углекислого газа с жидким поглотителем – хемосорбентом [6].

Наибольшее распространение в промышленности получила очистка газов растворами этаноламинов. Изучению этого метода посвящено большое количество работ, однако и сейчас продолжают исследования с целью его усовершенствования и интенсификации [7].

На ОАО «Алтайвагон» в углекислотном цехе производят улавливание CO_2 из продуктов сжигания природного газа хемосорбцией раствором моноэтаноламина (МЭА).

Преимуществом МЭА является его большая абсорбционная емкость при низких концентрациях кислых газов, что обеспечивает тонкую очистку газов от CO_2 .

При этом использование МЭА связано с определенными трудностями:

- высокие затраты энергии на регенерацию хемосорбента;
- существенная роль побочных реакций и деградация рабочего раствора;
- коррозия материалов оборудования, что ведет к быстрому его износу.

На основании проведенного анализа известных методов очистки газов от диоксида углерода в качестве абсорбента, обладающего меньшей деградацией и коррозионной активностью рабочего раствора, требующего меньших затрат энергии на регенерацию, нами предложена замена МЭА на один из третичных аминов – метилдиэтаноламин (МДЭА) [9].

ЗАО «Химтек Инжиниринг» предлагает новые абсорбенты на основе активированного МДЭА под торговой маркой «Новамин» – это смешанный трехкомпонентный абсорбент, содержащий химические абсорбенты (МДЭА, вторичные амины, пиперазин) и физические (метилловые эфиры этиленгликолей).

МДЭА был успешно использован при очистке природных газов Оренбургского месторождения от кислых компонентов – диоксида углерода и сероводорода. Была достигнута требуемая степень очистки газа от CO_2 при меньшем удельном расходе поглотителя за счет снижения его деградации, уменьшена коррозионная активность, исключены отложения продуктов деградации поглотителя на поверхностях теплообменного оборудования, что привело к уменьшению затрат энергии на десорбцию поглотительного раствора [10–12].

Среди преимуществ хемосорбента на основе МДЭА по сравнению с раствором МЭА следует отметить его меньшую скорость деградации и коррозионную активность в растворе, меньшую удельную теплоемкость и теплоту реакции с CO_2 , что обеспечивает легкость регенерации абсорбента и существенное снижение энергозатрат.

Температура кипения МДЭА составляет $247\text{ }^\circ\text{C}$, что значительно выше температуры кипения МЭА ($170\text{ }^\circ\text{C}$). При десорбции МЭА при рабочей температуре в колонне $120\text{--}130\text{ }^\circ\text{C}$ имеются большие потери амина за счет уноса его паров. При десорбции МДЭА унос амина при регенерации абсорбента при рабочих условиях в десорбере значительно ниже.

Следовательно, использование МДЭА вместо МЭА позволит снизить циркуляцию раствора абсорбента, более полно использовать хемосорбент, за счет меньшей теплоты десорбции поглотителя обеспечит экономию энергозатрат.

Ввиду низкой коррозионной активности используемого абсорбента и отсутствия смолообразования снизятся затраты на обслуживание и ремонт оборудования.

За счет применения отечественного МДЭА взамен импортных аналогов, а также

за счет более длительного срока работы абсорбента без снижения его характеристик и добавления свежего МЭА в процессе эксплуатации произойдет значительная экономия средств на закупку абсорбента.

Также установлено, что при замерзании рабочего МДЭА-абсорбента, в отличие от раствора МЭА, не происходит его кристаллизации с увеличением объема, поэтому в случае аварийной остановки в зимний период с точки зрения разрыва оборудования абсорбент на основе МДЭА менее опасен, чем раствор МЭА.

На основе анализа известных поглотителей и оценки существующих установок поглощения диоксида углерода нами предложена принципиальная технологическая схема очистки дымовых газов производственной котельной АО «Алтайвагон», включающая хемосорбцию диоксида углерода водным раствором МДЭА с последующей регенерацией хемосорбента с получением углекислоты.

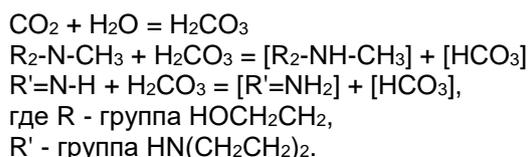
Исходное сырье – продукты сжигания газообразного топлива – природного газа состава в месте отбора:

$$C(CO_2) = 15 \%, C(O_2) = 5 \%, C(N_2) = 80 \%$$

Конечным продуктом установки является углекислота, которая может быть получена в газообразном и жидком состоянии.

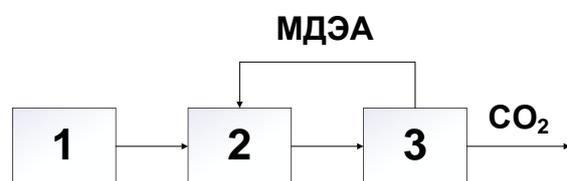
Метилдиэтаноламин (МДЭА) $[(HO-CH_2-CH_2)_2-N-CH_3]$ относится к третичным алканолaminaм, у которых реакционная способность азотсодержащей группы несколько ниже, чем у первичных алканолamiнов, таких как МЭА $[(HO-CH_2-CH_2-NH_2)]$, но выше, чем у других третичных аминов, таких как триэтаноламин (ТЭА) $[(HO-CH_2-CH_2)_3-N]$.

Для поглощения CO_2 , применяется водный раствор МДЭА, обладающий щелочными свойствами, в результате реакции с кислым газом образуются соли слабой угольной кислоты, которые при температуре выше $100^\circ C$ диссоциируют с выделением из раствора диоксида углерода [9]:



Обобщенная схема потоков получения углекислоты из дымовых газов приведена на рисунке 1.

Дымовые газы из котлоагрегатов поступают в охладитель газа 1, где проходят частичную отмывку от механических примесей и охлаждаются от $(100-130^\circ C)$ до $(40-45^\circ C)$.



1 – охладитель газа; 2 – абсорбер; 3 – десорбер

Рисунок 1 – Схема потоков получения углекислоты

Figure 1 - Scheme of flows for obtaining carbonic acid

Далее дымовые газы проходят восходящим путем через абсорбер 2, орошаемый сверху 40%-ным раствором метилдиэтанолamina. Карбонат и бикарбонат МДЭА выводятся снизу абсорбера в противоточный теплообменник, где ему отдает тепло горячий регенерированный раствор МДЭА, после чего поступают в десорбер 3 для регенерации и выделения из раствора диоксида углерода. Десорбция раствора МДЭА происходит подачей острого пара. Регенерированный раствор МДЭА из десорбера 3 последовательно поступает в теплообменники и холодильники, где охлаждается до $40^\circ C$ и возвращается в абсорбер 1, замыкая цикл очистки газа.

Из отходящей из десорбера парогазовой смеси после охлаждения и отделения конденсата отводится газообразный диоксид углерода, который поступает в отделение компрессии для получения углекислоты.

Внедрение предложенной схемы позволит повысить эффективность улавливания CO_2 из дымовых газов производственной котельной, снизить затраты на производство углекислоты для проведения сварочных работ, а также решить проблемы достижения углеродной нейтральности предприятия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. CCUS: монетизация выбросов CO_2 / С. Клубков, К. Емельянов, Н. Зотов. VYCON Consulting. Август, 2021.
2. Ахметова В.Р., Смирнов О.В. Улавливание и хранение диоксида углерода – проблемы и перспективы // Башкирский химический журнал. 2020. Т. 27. № 3. С. 103–115.
3. Maddali V., Tularam G.A., Glynn P. Economic and Time-Sensitive Issues Surrounding CCS : A Policy Analysis

АБСОРБЦИОННАЯ ОЧИСТКА ГАЗОВ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ КОТЕЛЬНЫХ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА АТМОСФЕРУ

// *Environmental Science and Technology*. Т. 49. Вып. 15. P. 8959–8968. 4 August 2015.

4. Songolzadeh M., Soleimani M., Takht Ravanchi M., Songolzadeh R. Carbon dioxide separation from flue gases : A technological review emphasizing reduction in greenhouse gas emissions // *The Scientific World Journal*. Т. 2014. 2014.

5. Hongqun Yang, Zhenghe Xu, Maohong Fan, Rajender, Gupta Rachid, B. Slimane, Alan E. Bland, Ian Wright. Progress in carbon dioxide separation and capture : A review // *Journal of Environmental Sciences*. V. 20. Issue 1. 2008. P. 14–27.

6. Abass A. Olajire. CO₂ capture and separation technologies for end-of-pipe applications – A review // *Energy*. V. 35. Issue 6. June 2010. P. 2610–2628.

7. N. Dave, T. Do, G. Puxty, R. Rowland, P.H.M. Feron, M.I. Attalla. CO₂ capture by aqueous amines and aqueous ammonia – A Comparison // *Energy Procedia*. V. 1. Issue 1. February 2009. P. 949–954.

8. Кормина Л.А., Зайцева Д.С. Решение проблемы снижения углеродного следа на АО «Алтайвагон» // Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Современные направления технологического развития и повышения эффективности промышленного производства в экономике Алтайского края». Барнаул, АлтГТУ. 2021. С. 96–99.

9. Семенова Т.А., Лейтес И.Л. Очистка технологических газов ; Изд. 2-е, пер. и доп. М. : Химия, 1977. 487 с.

10. Лаврентьев И.А. Анализ применения новых сорбентов в процессах абсорбционной очистки технических и природных газов от сероводорода и углекислого газа. [Электрон. текстовые дан.]. Режим доступа : <http://sintez-oka.com>. свободный. Доклад на семинаре в ОАО «Гипрогазоочистка» 21–23 мая 2001 года.

11. Щукин Н.Ю., Матросов Н.П. Новые сорбенты в очистке от CO₂ // *Химическая промышленность*. 2005. № 9. С. 32–52.

12. Лейтес И.Л., Громотков В.Н. Модернизация отделения абсорбционной очистки агрегата AM-70 ОАО «Невинномысский Азот» с заменой МЭА-раствора сорбентом на основе МДЭА отечественного производства // *Химическая промышленность*. 2002. № 1. С. 24–47.

Информация об авторах

Л. А. Кормина – к.т.н., доцент АлтГТУ им. И.И. Ползунова.

Д. С. Зайцева – студент группы 8ЭРПХ-11 АлтГТУ им. И.И. Ползунова.

REFERENCES

1. Klubkov, S., Emelyanov, K. & Zotov, N. (2021). CCUS: monetization of CO₂ emissions. *VYGON Consulting*, August 2021. (In Russ.).

2. Akhmetova, V.R. & Smirnov, O.V. (2020). Capture and storage of carbon dioxide - problems and prospects. *Bash-*

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

Статья поступила в редакцию 28.03.2022; одобрена после рецензирования 06.05.2022; принята к публикации 17.05.2022.

The article was received by the editorial board on 28 Mar 22; approved after reviewing on 6 May 22; accepted for publication on 17 May 22.

kir Chemical Journal, 27(3), 103-115. (In Russ.).

3. Maddali, V., Tularam, G.A. & Glynn, P. (2015). Economic and Time-Sensitive Issues Surrounding CCS: A Policy Analysis. *Environmental Science and Technology*, 49(5), 8959-8968.

4. Songolzadeh, M., Soleimani, M., Takht Ravanchi, M. & Songolzadeh, R. (2014). Carbon dioxide separation from flue gases : A technological review of emphasizing reduction in greenhouse gas emissions. *The Scientific World Journal*. (2014).

5. Hongqun, Yang, Zhenghe, Xu, Maohong, Fan, Rajender, Gupta, Rachid B. Slimane, Alan E., Bland & Ian, Wright (2008). Progress in carbon dioxide separation and capture: A review. *Journal of Environmental Science*, 20(1), 14-27.

6. Abass, A. Olajire. (2010). CO₂ capture and separation technologies for end-of-pipe applications – A review. *Energy*, 35(6), 2610-2628.

7. Dave, N., Do, T., Puxty, G., Rowland, R., Feron, P.H.M. & Attalla, M.I. (2009). CO₂ capture by aqueous amines and aqueous ammonia – A Comparison. *Energy Procedia*, 1(1), 949-954.

8. Kormina, L.A. & Zaitseva, D.S. (2021). Solving the problem of reducing the carbon footprint at JSC "Altaivagon". *Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference "Modern Directions of Technological Development and Improving the Efficiency of Industrial Production in the Economy of the Altai Territory"*, Barnaul, Altai State Technical University, 96-99. (In Russ.).

9. Semenova, T.A. & Leites, I.L. (1977). Purification of process gases, 2nd ed., trans. and additional. Moscow : Chemistry. (In Russ.).

10. Lavrentiev, I.A. (2001). *Analysis of the use of new sorbents in the processes of absorption purification of technical and natural gases from hydrogen sulfide and carbon dioxide*. Retrieved from: <http://sintez-oka.com/>. Report at a seminar at JSC "Giprogaзоочистка", May 21-23. (In Russ.).

11. Schukin, N.Yu. & Matrosov, N.P. (2005). New absorbents in purification from CO₂. *Chemical industry*, (9), 32-52. (In Russ.).

12. Leites, I.L. & Gromotkov, V.N. (2002). Modernization of the absorption treatment unit of the AM-70 unit of ОАО Nevinnomysky Azot with the replacement of the MEA solution with an absorbent based on domestic MDEA. *Chemical industry*, (1), 24-47. (In Russ.).

Information about the authors

L. A. Kormina - candidate of technical sciences, associate professor of Polzunov Altai State Technical University.

D. S. Zaitseva - student of the group 8ЭРПХ-11 of Polzunov Altai State Technical University.



Научная статья
2.6.17 - Материаловедение (технические науки)
УДК 541.64:546.65:535.37

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.02.017



СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГАЛЛАТА ЕВРОПИЯ ПЕРОВСКИТНОЙ СТРУКТУРЫ

Владимир Антонович Новоженев¹, Владимир Петрович Смагин²,
Анастасия Борисовна Рошколаева³, Наталья Егоровна Стручева⁴,
Лина Викторовна Затонская⁵

1, 2, 3, 4, 5 Алтайский государственный университет, Барнаул, Россия

¹ novozhenov@mail.asu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9073-5427>

² smaginV@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4782-6355>

³ anastasiya_roshkolaeva@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2851-1529>

⁴ strucheva@chem.asu.ru., <https://orcid.org/0000-0001-7507-1725>

⁵ zatonskayalv@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2842-2710>

Аннотация. Методом соосаждения из растворов нитратов европия и галлия выделены смеси гидратированных оксидов $\text{Eu}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ и $\text{Ga}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$. Последующим прокаливанием при 800°C в течение 24 часов получен галлат европия. Идентификация продукта проведена методами рентгенофазового анализа (РФА) и ИК спектроскопии. Установлено соответствие его структуры структурному типу перовскита EuGaO_3 орторомбической симметрии (пр. гр. $R\bar{6}2m$, параметры кристаллической решетки: $a = 0,5000$ нм, $b = 0,7565$ нм, $c = 0,5213$ нм). В спектре люминесценции EuGaO_3 зарегистрирована серия характеристичных для ионов Eu^{3+} узких полос, связанных с ${}^5D_0 \rightarrow {}^7F_j$ переходами 4f-электронов. Полосы неоднородно уширены у основания со слабо выраженной штарковской структурой. Наиболее интенсивной является дуплетная полоса ${}^5D_0 \rightarrow {}^7F_2$ электронного перехода с максимумами, расположенными при длинах волн 609 нм и 630 нм. Возбуждение люминесценции происходит в результате переноса энергии фононного колебательного движения оксидной матрицы на возбужденные уровни ионов Eu^{3+} . В спектре возбуждения зарегистрирована соответствующая структурированная полоса при длинах волн < 350 нм. Коротковолновая часть полосы связана с переходом 2p-электронов ионов O^{2-} на 4f-орбиталь ионов европия в оксидном окружении.

Ключевые слова: галлат европия, перовскитная структура, синтез, соосаждение, люминесценция.

Для цитирования: Синтез и исследование оптических свойств галлата европия перовскитной структуры / В. А. Новоженев, [и др.]. // Ползуновский вестник. 2022. № 2. С. 122-128. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.02.017, EDN: <https://elibrary.ru/kxwyqx>.

Original article

SYNTHESIS AND INVESTIGATION OF OPTICAL PROPERTIES OF EUROPIUM GALLATE PEROVSKITE STRUCTURE

Vladimir A. Novozhenov ¹, Vladimir P. Smagin ², Anastasiya B. Roshkolaeva ³,
Natalea E. Strucheva ⁴, Lina V. Zatonskaya ⁵

^{1, 2, 3, 4, 5} Altai State University, Barnaul, Russia

¹ novozhenov@mail.asu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9073-5427>

² smaginV@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4782-6355>

³ anastasiya_roshkolaeva@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2851-1529>

⁴ strucheva@chem.asu.ru., <https://orcid.org/0000-0001-7507-1725>

⁵ zatonskayalv@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2842-2710>

Abstract. Mixtures of hydrated oxides $\text{Eu}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ and $\text{Ga}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ were isolated from solutions of europium and gallium nitrates by the method of co-shrinkage. By subsequent calcination at 800 °C for 24 hours, europium gallate was obtained. The identification of the product was carried out by X-ray phase analysis and IR spectroscopy. Its structure has been found to correspond to the structural type of EuGaO_3 perovskite of orthorhombic symmetry (e.g. $Pbnm$, crystal lattice parameters: $a = 0.5000$ nm, $b = 0.7565$ nm, $c = 0.5213$ nm). A series of narrow bands characteristic of Eu^{3+} ions associated with ${}^5D_0 \rightarrow {}^7F_j$ transitions of 4f-electrons was registered in the luminescence spectrum of EuGaO_3 . The stripes are inhomogeneously widened at the base with a weakly pronounced Stark structure. The most intense is the ${}^5D_0 \rightarrow {}^7F_2$ doublet band of the electron transition with maxima located at wavelengths of 609 nm and 630 nm. The excitation of luminescence occurs as a result of the transfer of the energy of the phonon vibrational motion of the matrix to the excited levels of Eu^{3+} ions. A corresponding structured band was registered in the excitation spectrum at wavelengths < 350 nm. The short-wave part of the band is associated with the transition of 2p-electrons of O^{2-} ions to the 4f-orbital of europium ions in an oxide environment.

Keywords: europium gallate, perovskite structure, synthesis, coprecipitation, luminescence.

For citation: Novozhenov, V. A., Smagin, V. P., Roshkolaeva, A. B., Strucheva, N. E. & Zatonskaya, L.V. (2022). Synthesis and investigation of optical properties of europium gallate perovskite structure. *Polzunovskiy vestnik*, (2), 122-128. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.02.017.

ВВЕДЕНИЕ

Перовскитоподобные оксиды являются объектом пристального внимания исследователей [1–4]. Это связано с наличием у них комплекса перспективных свойств для применения в химической промышленности, микро- и оптоэлектронике. К таким оксидам относятся галлаты редкоземельных элементов – тройные соединения редкоземельных элементов с галлием и кислородом с различными кристаллическими решетками, включая решетку со структурой перовскита. Практический интерес представляют галлаты европия. В своем составе они содержат ионы Eu^{3+} , являющиеся люминесцирующим компонентом многих люминофоров красного и белого свечения. Изучению галлатов европия посвящены работы [5, 6–8]. В большинстве случаев синтез проводят спеканием при температурах

значительно больше 1200 °C [9]. В статьях [7, 8, 10] описана методика получения прокаливанием исходных оксидов, далее прессованием продуктов прокаливания в таблетки и отжигом. После первого отжига таблетки перемалывали, полученный порошок прессовали в бруски и вновь отжигали. Продукты характеризуются нарушенной стехиометрией вследствие потерь оксида галлия в процессе синтеза и обжига. Нарушение кристаллической структуры отрицательно сказывалось на их свойствах. В спектрах наблюдалось неоднородное уширение полос, обусловленное неэквивалентностью окружения люминесцирующих ионов.

Целью данного исследования являлась разработка синтеза, отличающегося уменьшением температуры и сокращением количества стадий, и установление спектральных свойств галлата европия.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

За основу взят метод синтеза, разработанный авторами [11, 12]. В качестве исходных веществ были выбраны $\text{Eu}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (х. ч.) и $\text{Ga}(\text{NO}_3)_3 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ (х. ч.). Вещества взяты в стехиометрическом соотношении, соответствующем соотношению оксидов европия и галлия в галлате европия (1 : 1). Нитраты европия и галлия раздельно растворяли в подкисленной азотной кислотой дистиллирован-

ной воде. Растворы смешивали и вводили раствор аммиака (х.ч., 25 %). В результате был получен белый хлопьевидный осадок смеси гидратированных оксидов галлия и европия. Со временем осадок переходил в мелкодисперсное кристаллическое состояние. Его отфильтровывали. Фильтрат проверяли на полноту осаждения добавлением раствора аммиака. Процесс образования гидратированных оксидов европия и галлия соответствует уравнению (1).



Смесь $\text{Eu}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ и $\text{Ga}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ подсушивали на воздухе и прокаливали в муфель-

ной печи на воздухе в течение 24 часов при температуре 800 °С (реакция 2):



В результате синтеза получены белые кристаллические вещества. Идентификация проведена методами ИК-спектроскопии и рентгенофазового анализа. Зарегистрированы спектры возбуждения люминесценции и люминесценции.

ИК-спектры зарегистрированы на спектрометре «Инфралюм ФТ-801» в диапазоне волновых чисел 4000–500 cm^{-1} после осаждения гидратированных оксидов и после прокаливания смесей оксидов при 800 °С. РФА выполнен на рентгеновском дифрактометре «XRD-6000» («Shimadzu», Япония) на $\text{CuK}\alpha$ -

излучении. Анализ фазового состава проведен с использованием баз данных PDF 4+, а также программы полнопрофильного анализа POWDERCELL 2.4. Спектры люминесценции и возбуждения люминесценции зарегистрированы на спектрофлуориметре Shimadzu RF-5301 PC в интервале длин волн 500–800 нм при селективном возбуждении люминесценции излучением с длиной волны 240 нм и в интервале длин волн 300–440 нм при регистрации люминесценции на длине волны 595 нм соответственно.

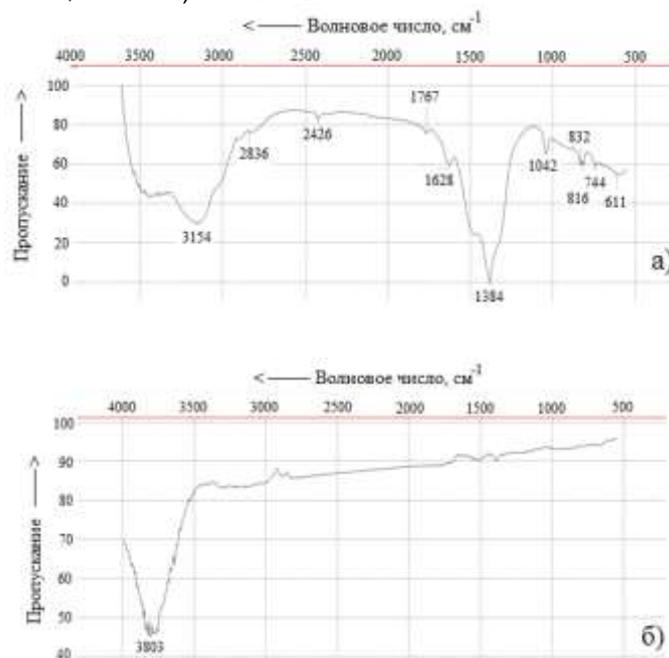


Рисунок 1 – Инфракрасные спектры смеси гидратированных оксидов европия и галлия после осаждения (а) и прокаленного вещества (б)

Figure 1 - Infrared spectra of a mixture of hydrated europium and gallium oxides after deposition (a) and calcined substance (b)

СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГАЛЛАТА ЕВРОПИЯ ПЕРОВСКИТНОЙ СТРУКТУРЫ

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В ИК-спектре продуктов осаждения (рисунок 1, а) наблюдаются полосы, соответствующие валентным и деформационным колебаниям молекул воды в диапазонах $> 3000 \text{ см}^{-1}$ и $< 1600 \text{ см}^{-1}$.

Кроме того, присутствуют неинтенсивные полосы валентных и деформационных колебаний связи N–H в ионе аммония и колебания нитрат ионов, адсорбированных на поверхности аморфных гидратированных оксидов галлия и европия. Полосы этих колебаний перекрываются с полосами молекул воды и O–H групп, а также наблюдаются в области волновых чисел $< 1100 \text{ см}^{-1}$ в виде неинтенсивных полос.

В ИК-спектре продуктов прокаливания (рисунок 1, б) зарегистрирована полоса с максимумом 3800 см^{-1} . Она связана с валентными колебаниями O–H связей молекул воды, находящихся в пустотах кристаллической структуры галлата европия. Полосы колебаний побочных продуктов синтеза после прокаливания не зарегистрированы. Полосы колебаний связей металл–кислород характеризуются невысокой интенсивностью и преимущественно расположены в области $< 500 \text{ см}^{-1}$.

Результаты рентгенофазового исследования продуктов синтеза после прокаливания приведены на рисунке 2 и в таблице 1.

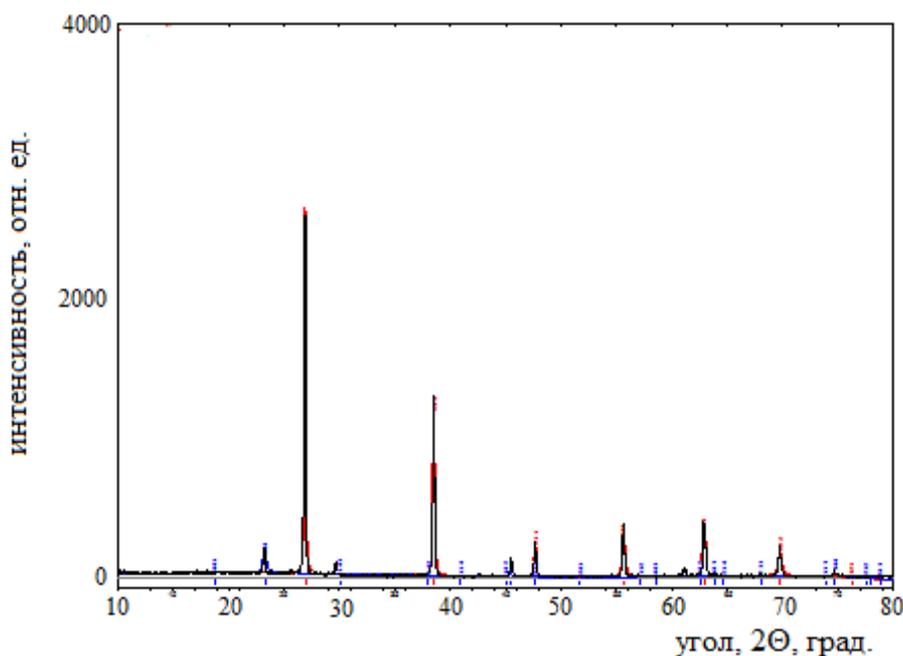


Рисунок 2 – Рентгенограмма галлата европия

Figure 2 - X-ray of europium gallate

Таблица 1 – Результаты РФА галлата европия

Table 1 - Results of XRF analysis of europium gallate

Образец	Обнаруженные фазы	Содержание фаз, масс. %	Параметры решетки, Å	Размер ОКР, нм	$\Delta d/d \cdot 10^{-3}$
EuGaO ₃ Степень кристалличности ~92%	EuGaO ₃	95	a = 5.000 b = 7.565 c = 5.213	294	0.5
	Eu ₂ O ₃	5	a = 5.130	45	1.3

Анализ результатов РФА показал, что в результате проведенного синтеза получен галлат европия состава EuGaO_3 перовскитной орторомбической структуры. В качестве примеси присутствует оксид европия Eu_2O_3 . Его присутствие обусловлено потерей оксида галлия при прокаливании, что соответствует данным [7, 8, 10]. Параметры кристаллической структуры полученного продукта близки к параметрам галлата европия, приведенным в работе [9].

При возбуждении люминесценции галлата европия наблюдалось характерное для ионов Eu^{3+} красное свечение. Спектр люминесценции приведен на рисунке 3.

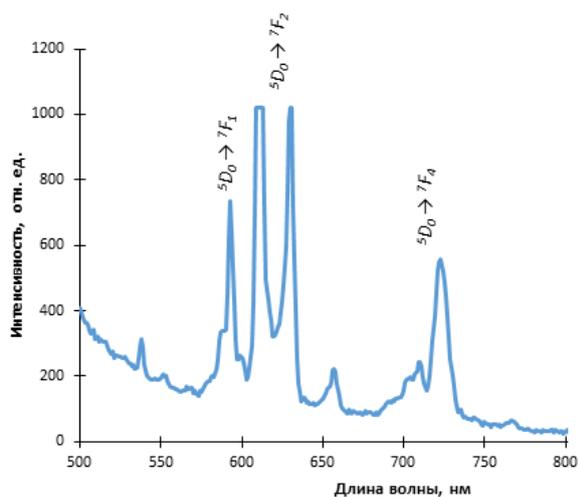


Рисунок 3 – Спектр люминесценции галлата европия, $\lambda_{\text{в}} = 240 \text{ нм}$

Figure 3 - Luminescence spectrum of europium gallate, $\lambda_{\text{в}} = 240 \text{ nm}$

В спектре зарегистрирована серия характеристичных для ионов Eu^{3+} узких полос люминесценции, связанных с ${}^5D_0 \rightarrow {}^7F_j$ переходами $4f$ -электронов [17]. Наиболее интенсивной является дуплетная полоса ${}^5D_0 \rightarrow {}^7F_2$ электронного перехода. Ее максимумы расположены при длинах волн 609 нм и 630 нм. Полоса магнитно-дипольного ${}^5D_0 \rightarrow {}^5F_1$ электронного перехода представляет собой триплет. Это ее максимально возможная мультиплетность. Однако компоненты мультиплета разрешены плохо. Максимум наиболее интенсивного компонента полосы находится при длине волны 593 нм. В отличие от полосы электрического дипольного ${}^5D_0 \rightarrow {}^7F_2$ перехода, сильно подверженного влиянию энергетического поля, создаваемого ближним окружением ионов Eu^{3+} , эта полоса практически не зависит от структурного окружения

ионов Eu^{3+} . Полоса, соответствующая электронному переходу ${}^5D_0 \rightarrow {}^7F_4$, также является триплетной. Максимумы компонент полосы соответствуют длинам волн 701 нм, 709 нм и 721 нм [13, 14].

В спектре возбуждения люминесценции галлата европия зарегистрирована структурированная полоса, связанная с переносом колебательной энергии фононов оксоанионной матрицы на возбужденные уровни ионов Eu^{3+} (рисунок 4). Это наиболее интенсивная спектральная полоса. Она расположена при длинах волн $< 350 \text{ нм}$. Коротковолновая часть полосы связана с переходом $2p$ -электронов ионов O^{2-} на $4f$ -орбиталь ионов европия в оксидном окружении [15, 16].

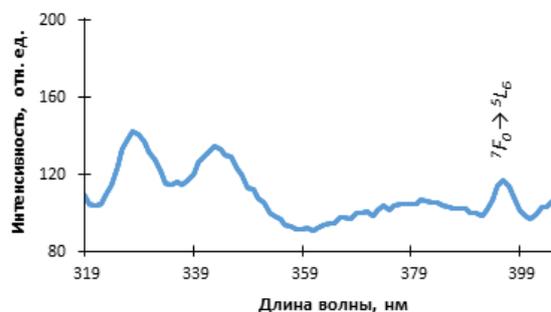


Рисунок 4 – Спектр возбуждения люминесценции порошкообразного образца EuGaO_3 , $\lambda_{\text{л}} = 595 \text{ нм}$

Figure 4 - Luminescence excitation spectrum of powdered sample EuGaO_3 , $\lambda_{\text{л}} = 595 \text{ nm}$

Также в спектре присутствуют полосы, связанные с собственным поглощением возбуждающего излучения ионами европия. Например, полоса с максимумом 395 нм во многих европийсодержащих материалах является наиболее интенсивной. Она соответствует ${}^7F_0 \rightarrow {}^5L_6$ переходу $4f$ -электронов ионов Eu^{3+} из основного в возбужденное энергетическое состояние [17].

ВЫВОДЫ

Таким образом, для синтеза галлата европия применена методика, позволившая уменьшить температуру синтеза с 1200–1500 °С до 800 °С, исключить стадии размола или мехактивации. Установлено, что продуктом примененного синтеза является галлат европия со структурой орторомбического перовскита. Его люминесценция связана с ${}^5D_0 \rightarrow {}^7F_j$ электронными переходами в ионах Eu^{3+} . Полосы в спектрах люминесценции структурированы, неоднородно уширены у

СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГАЛЛАТА ЕВРОПИЯ ПЕРОВСКИТНОЙ СТРУКТУРЫ

основания. Это связано с неоднородностью структуры люминесцирующих центров, которая может наступать в результате нестехиометрии соединения. Возбуждение люминесценции происходит в результате переноса энергии фононного колебания оксоанионной матрицы на возбужденные уровни ионов европия и переходов $2p$ -электронов ионов O^{2-} на $4f$ -орбиталь ионов европия в оксидном окружении, также зарегистрировано собственное поглощение энергии источника ионами Eu^{3+} . Полученные результаты показывают возможность применения данного синтеза для получения порошка галлата европия, предназначенного для включения в состав предшественников компактных люминофоров, в том числе оптической керамики, а также прекурсоров монокристаллов или стекол оптического назначения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Главатских Т.Ю. Ионопроводящие оксиды на основе галлата лантана: синтез, структура, микроструктура и физико-химические свойства : автореф. дис. ... канд. хим. наук. Москва, 2004. 105 с.
2. Петров Г.С., Башкиров Л.А., Лубинский Н.Н. [и др.]. Физико-химические свойства индатов неодима, лантана // Труды БГТУ. Серия 3: Химия и технология неорганических веществ. 2010. № 18. С. 103–107.
3. Lopez I., Lorenz K., Nogales E. Study of the relationship between crystal structure and luminescence in rare-earth-implanted Ga_2O_3 nanowires during annealing treatments // J. Mater. Sci. 2013. № 49. P. 1279–1285.
4. Senyshyn A., Ehrenberg H., Vasylechko L. [et al.]. Computational study of $LnGaO_3$ ($Ln = La-Gd$) perovskites // J. Phys. : Condens. Matter. 2005. № 17. P. 6217–6234.
5. Li C., Soh K.C.K., Wu P. Formability of ABO_3 Perovskites // J. Alloys Compd. 2004. № 372. P. 40–48.
6. Feng L.M., Jiang L.Q., Zhu M. [et al.]. Formability of ABO_3 Cubic Perovskites // J. Phys. Chem. Solids. 2008. № 69. P. 967–974.
7. Sallavard G., Szabo G., Paris R.A. Sur les monogallateslant hanidiques $LnGaO_3$. Comptes Rendus des Seances de l'Academie des Sciences, Serie // Sciences Chimiques. 1969. № 268. P. 1050–1053.
8. Geller S., Curlander P.J., Ruse G.F. Perovskite-like rare earth gallium oxides prepared at atmospheric pressure // Materials Research Bulletin. 1974. № 9. P. 637–644.
9. Портной К.И., Тимофеева Н.И. Кислородные соединения редкоземельных элементов ; под ред. К.И. Портного. М. : Металлургия, 1996. 65 с.
10. Baran E.J. Structural chemistry and physico-chemical properties of perovskite-like materials // Cat. Today. 1990. V. 8. P. 151.
11. Пат. 2663736 Российская Федерация, МПК С 01 F 17/00, С 01 G 15/00. Способ получения

галлата лантана $LaGaO_3$ / В.А. Новоженев [и др.]; патентообладатель ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный университет» № 2016126014 ; заявл. 16.05.2018 ; опубл. 09.08.2018, Бюл. № 22. 7 с.

12. Пат. 2721700 Российская Федерация, МПК С 01 В 13/36, С 01 F 17/00, С 01 G 15/00. Способ получения галлатов неодима $NdGaO_3$, $Nd_5Ga_3O_{12}$ и $Nd_4Ga_2O_9$ / В.А. Новоженев, О.В. Белова ; патентообладатель ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный университет» № 2019126486; заявл. 20.08.2019; опубл. 21.05.2020, Бюл. № 15. 10 с.

13. Шилов С.М. Люминесцентно-спектральные свойства соединений европия (III) в нанопористых носителях // Известия Российского гос. пед. ун-та им. А.И. Герцена. 2008. С. 62–74.

14. Каплянский А.А., Кулинкин А.Б., Куценко А.Б., Феофилов С.П., Захарченя Р.И., Василевская Т.Н. Оптические спектры трехзарядных редкоземельных ионов в поликристаллическом корунде // Физика твердого тела. 1998. № 8. С. 1442–1449.

15. Уклеина И.Ю. Оксифториды иттрия и РЗЭ: синтез, люминесценция и оптика : дис. ... канд. хим. наук. Ставрополь, 2005. 158 с.

16. Rakov N., Guimaraes R.B., Lozano W.B., Maciel G.S. Structural and Spectroscopic Analyses of Europium Doped Yttrium Oxyfluoride Powders Prepared by Combustion Synthesis // J. Appl. Phys. 2013. V. 114. № 4. P. 043517(1–7).

17. Dieke G.H. Spectra and energy levels of rare earth in crystals. N.Y. Interscience Publ., 1968. 457 p.

Информация об авторах

В. А. Новоженев – доктор химических наук, профессор, профессор кафедры физической и неорганической химии, институт химии и химико-фармацевтических технологий, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный университет».

В. П. Смагин – доктор химических наук, доцент, профессор кафедры техносферной безопасности и аналитической химии, институт химии и химико-фармацевтических технологий, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный университет».

Н. Е. Стручева – кандидат химических наук, доцент, доцент кафедры физической и неорганической химии, институт химии и химико-фармацевтических технологий, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный университет».

А. Б. Рошколаева – магистрант кафедры физической и неорганической химии, институт химии и химико-фармацевтических технологий, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный университет».

Л. В. Затонская – кандидат химических наук, доцент кафедры техносферной безопасности и аналитической химии, инсти-

тут химии и химико-фармацевтических технологий, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный университет».

REFERENCES

1. Glavatskikh, T.Yu. (2004). Ion-conducting oxides based on lanthanum gallate: synthesis, structure, microstructure and physico-chemical properties. Candidate's thesis. Moscow. (In Russ.).
2. Petrov, G.S., Bashkirov, L.A., Lubinsky, N.N. [et al.]. (2010). Physical and chemical properties of neodymium and lanthanum indates. *Proceedings of BSTU. Series 3: Chemistry and Technology of Inorganic Substances*. (18), 103-107. (In Russ.).
3. Lopez, I., Lorenz, K. & Nogales, E. (2013). Study of the relationship between crystal structure and luminescence in rare-earth-implanted Ga₂O₃ nanowires during annealing treatments. *J. Mater. Sci.* (49), 1279-1285.
4. Senyshyn, A., Ehrenberg, H., Vasylechko, L. [et al.]. (2005). Computational study of LnGaO₃ (Ln = La-Gd) perovskites. *J. Phys. : Condens. Matter*. (17), 6217-6234.
5. Li, C., Soh, K.C.K. & Wu, P. (2004). Formability of ABO₃ Perovskites. *J. Alloys Compd.* (372), 40-48.
6. Feng, L.M., Jiang, L.Q., Zhu, M. [et al.]. (2008). Formability of ABO₃ Cubic Perovskites. *J. Phys. Chem. Solids*. (69), 967-974.
7. Sallavard, G., Szabo, G. & Paris, R.A. (1969). Sur les monogallateslanthanidiques LnGaO₃. *Comptes Rendus des Seances de l'Academie des Sciences, Serie. Sciences Chimiques*. (268), 1050-1053.
8. Geller, S., Curlander, P.J. & Ruse, G.F. (1974). Perovskite-like rare earth gallium oxides prepared at atmospheric pressure. *Materials Research Bulletin*. (9), 637-644.
9. Portnoy, K.I. & Timofeeva, N.I. (1996). Oxygen compounds of rare earth elements; ed. K.I. Portnoy. Moscow: Metallurgy. (In Russ.).
10. Baran, E.J. (1990). Structural chemistry and physicochemical properties of perovskite-like materials. *Cat. Today*. (8), 151.
11. Novozhenov, V.A. [et al.] (2018). The method of obtaining lanthanum gallate LaGaO₃. *Pat. 2663736 Russian Federation*, publ. 08/09/2018, Bull. №. 22. (In Russ.).
12. Novozhenov, V.A. & Belova, O.V (2019). Method for obtaining neodymium gallates NdGaO₃, Nd₅Ga₃O₁₂ and Nd₄Ga₂O₉. *Pat. 2721700 Russian Federation*, publ. May 21, 2020, Bull. №. 15. (In Russ.).
13. Shilov, S.M. (2008). Luminescent-spectral

properties of europium (III) compounds in nanoporous carriers. *Izvestiya Rossiyskogo Gos. Ped. Un. them. A.I. Herzen*. 62-74. (In Russ.).

14. Kaplyansky, A.A., Kulinkin, A.B., Kutsenko, A.B., Feofilov, S.P., Zakharchenya, R.I. & Vasilevskaya, T.N. (1998). Optical spectra of triply charged rare-earth ions in polycrystalline corundum. *Physics of the Solid State*. (8). 1442-1449. (In Russ.).
15. Ukleina, I.Yu. (2005). Yttrium and REE oxyfluorides: synthesis, luminescence and optics. Candidate's thesis. Stavropol. (In Russ.).
16. Rakov, N., Guimaraes, R.B., Lozano, W.B. & Maciel, G.S. (2013). Structural and Spectroscopic Analyses of Europium Doped Yttrium Oxyfluoride Powders Prepared by Combustion Synthesis. *J. Appl. Phys.* 114(4). 043517(1-7).
17. Dieke, G.H. (1968). Spectra and energy levels of rare earth in crystals. N.Y. Interscience Publ.

Information about the authors

V. A. Novozhenov - Doctor of Chemical Sciences, Professor, Professor of the Department of Physical and Inorganic Chemistry, Institute of Chemistry and Chemical-Pharmaceutical Technologies, Altai State University.

V. P. Smagin - Doctor of Chemical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Technosphere Safety and Analytical Chemistry, Institute of Chemistry and Chemical-Pharmaceutical Technologies, Altai State University.

N. Y. Strucheva - Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Physical and Inorganic Chemistry, Institute of Chemistry and Chemical-Pharmaceutical Technologies, Altai State University.

A. B. Roshkolaeva - student of the Department of Physical and Inorganic Chemistry, Institute of Chemistry and Chemical-Pharmaceutical Technologies, Altai State University.

L. V. Zatonskaya - Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor of the Department of Technosphere Safety and Analytical Chemistry, Institute of Chemistry and Chemical-Pharmaceutical Technologies, Altai State University.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 28.03.2022; одобрена после рецензирования 17.04.2022; принята к публикации 17.05.2022.

The article was received by the editorial board on 28 Mar 22; approved after reviewing on 17 Apr 22; accepted for publication on 17 May 22.



Научная статья
2.6.17 - Материаловедение (технические науки)
УДК67.02

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.02.018



К ВОПРОСУ О ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПЬЕЗОМАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЛАЗЕРНОЙ ГИРОСКОПИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ХОЛОДНОГО ОДНООСНОГО ПРЕССОВАНИЯ И СПЕКАНИЯ

Александр Вячеславович Власов¹, Нина Рудольфовна Запотьилько²,
Александр Анатольевич Катков³, Виктор Викторович Кикот⁴,
Глеб Александрович Кошкин⁵

^{1, 2, 3} Научно-исследовательский институт «Полюс» им. М.Ф. Стельмаха, Москва, Россия

¹ <https://orcid.org/0000-0001-8796-1581>

² <https://orcid.org/0000-0001-6313-4661>

³ <https://orcid.org/0000-0002-7668-0714>

^{4, 5} Научно-исследовательский институт физических измерений, Пенза, Россия

⁴ vkfax@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1258-2119>

⁵ gl.koshkin@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8353-7812>

Аннотация. Рассматриваются результаты использования пьезокерамических элементов, изготовленных НИИФИ (г. Пенза) с использованием холодного прессования из материала ЦТС-ЛМ (НФИ-50), в составе малогабаритных датчиков угловой скорости. Приводятся результаты исследований структуры этих элементов в сравнении со структурой элементов из материала ЦТС-19, изготавливаемых с использованием холодного прессования на заводе «Аврора-ЭЛМА» (г. Волгоград), а также элементов, изготовленных с использованием горячего прессования из материала ЦТС-19 на предприятии «ЭЛПА» (г. Зеленоград). Отмечается отличие в пористости материалов и влияние пористости на надежность работы лазерных гироскопов. Приводятся результаты измерения относительного удлинения материала ЦТС-ЛМ (НФИ-50) и ситалла СО-115М, натурального эксперимента по установлению температурных характеристик материала ЦТС-ЛМ (НФИ-50) производства НИИФИ. Представлены результаты натурных испытаний пьезокерамических элементов СДАИ.757681.020-04 производства НИИФИ в составе пьезокорректоров датчиков лазерных гироскопов, установлен гистерезис информативных параметров и длительность установления выходного сигнала гироскопа; в течение наработки 120 ч в режиме переключения поляризации установлены коэффициенты передачи пьезокорректоров и их изменение в диапазоне рабочей температуры от минус 50 до 75 °С. Рассматривается возможность использования элементов в лазерных гироскопах с увеличенным ресурсом. Описываются возможные пути совершенствования технологии изготовления элементов с использованием холодного прессования в части повышения плотности материала путем модификации технологических режимов помола для механической активации шихты и получения оптимального размера ее зерна, синтеза и спекания пьезокерамического материала для установления оптимальных температурных и временных режимов обработки материала при его изготовлении.

Ключевые слова: пьезокерамический элемент; холодное прессование; горячее прессование; пьезокорректор; пористость; микроструктура; гистерезис; лазерный гироскоп.

Для цитирования: К вопросу о технологии изготовления пьезоматериалов для лазерной гироскопии с использованием холодного одноосного прессования и спекания / А. В. Власов [и др.]. // Ползуновский вестник. 2022. № 2. С. 129 – 138. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.02.018, EDN: <https://elibrary.ru/lylcnh>.

Original article

ON THE MATTER OF TECHNOLOGY FOR PRODUCING PIEZOELECTRIC MATERIALS FOR LASER GYROS BY COLD UNIAXIAL PRESSING AND SINTERING

Alexander V. Vlasov ¹, Nina R. Zapotylo ², Alexander A. Katkov ³,
Viktor V. Kikot ⁴, Gleb A. Koshkin ⁵

^{1, 2, 3} Polyus Scientific Research Institute, Moscow, Russia

¹ <https://orcid.org/0000-0001-8796-1581>

² <https://orcid.org/0000-0001-6313-4661>

³ <https://orcid.org/0000-0002-7668-0714>

^{4, 5} Science and Research Institute for Physical Measurements, Penza, Russia

⁴ vkfax@yandex.ru: <https://orcid.org/0000-0003-1258-2119>

⁵ gl.koshkin@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8353-7812>

Abstract. *The results of using piezoelectric transducers manufactured by Science and Research Institute Measurements NIIFI (Penza) via cold pressing from PZT-LM (NFI-50) material as part of small-sized angular velocity sensors are reviewed. The results of studies of the structure of these elements are presented in comparison with the structure of transducers made of the PZT-19 material, manufactured using cold pressing at the Aurora-ELMA factory (Volgograd), as well as transducers made using hot pressing from the PZT-19 material at "ELPA" company (Zelenograd). The difference in the porosity of materials and the effect of porosity on the reliability of laser gyroscopes are noted. The results of measuring the relative elongation of the material PZT-LM (NFI-50) and sital SO-115M, and testing of a piezoelectric transducer in laser gyroscope to establish the temperature characteristics of the PZT-LM (NFI-50) material produced by NIIFI are presented. The results of tests of piezoelectric transducers SDAI.757681.020-04 manufactured by NIIFI as part of piezo adjusters of laser gyroscope sensors are presented, the hysteresis of informative parameters and the duration of the gyroscope output signal establishment are measured; during 120 hours of operation in the polarization switching mode, the transmission coefficients of the piezo adjusters and their change in the operating temperature range from minus 50 to 75 °C were determined. The possibility of using elements in laser gyroscopes with an increased resource is considered. Possible ways of improving the technology of manufacturing elements using cold pressing in terms of increasing the density of the material are described by modifying the technological modes of milling for mechanical activation of the charge and obtaining the optimal grain size, synthesis and sintering of the piezoelectric ceramic material to establish the optimal temperature and time conditions for processing the material during its manufacture.*

Keywords: *piezoelectric ceramic transducer; cold pressing; hot pressing; piezo adjuster; porosity; microstructure; hysteresis; laser gyroscope.*

For citation: Vlasov, A. A., Zapotylo, N. R., Katkov, A. A., Kikot, V. V. & Koshkin, G. A. (2022). On the matter of technology for producing piezoelectric materials for laser gyros by cold uniaxial pressing and sintering. *Polzunovskiy vestnik*, (2), 129-138. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.02.018.

Лазерные гироскопы (гироскопы) являются высокотехнологичными приборами, которые, несмотря на более чем полувековую историю, продолжают активно использоваться и развиваться для различных применений. Такие приборы используются в системах ориентации космических аппаратов, в гражданской авиации, в геодезических системах, в морской навигации и в других специальных

областях. К основным преимуществам таких приборов относятся: высокая стабильность масштабного коэффициента, нечувствительность к механическим воздействиям, малое время готовности, высокий динамический диапазон (до 1000 °/с), возможность работы в широком интервале температур, отсутствие подвижных частей [1].

К ВОПРОСУ О ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПЬЕЗОМАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЛАЗЕРНОЙ ГИРОСКОПИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ХОЛОДНОГО ОДНООСНОГО ПРЕССОВАНИЯ И СПЕКАНИЯ

Одной из причин снижения точности систем измерения угловых скоростей на основе гироскопов в процессе их эксплуатации являются последствия изменения оптической частоты генерации кольцевого лазера из-за температурных изменений периметра резонатора гироскопа в связи с саморазогревом лазера и температурными деформациями элементов конструкции гироскопа, которые проявляются в изменении значения информативного относительно измеряемой угловой скорости параметра выходного сигнала гироскопа [2]. Например, для квадратного лазерного гироскопа со стороной 4 см необходимая точность поддержания геометрических размеров периметра резонатора во всем интервале температур не превышает десяти ангстрем [3].

Для поддержания постоянства длины оптического периметра используются пьезокорректоры [4, 5], в состав которых входят пьезопроводы мембранного или пакетного типов. Основное преимущество существующих пьезопроводов состоит в высокоточном преобразовании электрического напряжения в линейные перемещения нанометрового диапазона с низким потреблением энергии. Изменение температуры при эксплуатации гироскопа влияет на технические характеристики пьезокорректора. С температурой меняются свойства материалов, возникают температурные напряжения в местах сопряжения разнородных деталей, они создают дополнительные деформации, искажая основную функцию преобразования движения пьезопровода. Так, пьезокорректор, установленный на ситалловый корпус, обладающий ультранизким температурным коэффициентом линейного расширения (ТКЛР), имеет свою температурную характеристику расширения, поэтому в местах соединения возникают механические напряжения, деформирующие привод. Пьезопровод, в свою очередь, вносит смещение зеркала пьезокорректора, дополнительное к пьезоэлектрическому, что приводит к изменению установленных настроек гироскопа, что недопустимо. В лазерных системах эта проблема весьма актуальна. Так, в [6] показано, что изменение температуры на $0,1^\circ$ в лазерном резонаторе с интерферометром Фабри-Перо приводит к «перескоку» резонансной частоты. Для увеличения стабильности одночастотного режима лазера повышенной мощности необходимо термостатирование с точностью $0,01^\circ\text{C}$.

Технические характеристики каждого пьезокорректора (диапазоны изменения перемещения и управляющего напряжения)

определяются, в том числе, электрофизическими характеристиками пьезокерамических элементов (элементов) пьезокорректоров [7], поэтому их исследование, создание новых и модификация имеющихся технологий изготовления элементов являются актуальными задачами для лазерной гироскопии.

Материалом элементов для пьезокорректоров в большинстве случаев является твердый раствор цирконата-титаната свинца (ЦТС), который модифицируется при его изготовлении введением различных легирующих добавок, которые определяют требуемые параметры, такие как пьезочувствительность (до 550 пКл/Н), механическая добротность (до 2000), диапазон рабочих температур (от минус 60 до 100°C).

При изготовлении элементов широкое распространение получили две технологии производства компактных заготовок: 1) полусухого холодного прессования, при котором порошки пьезокерамического материала гранулируют с использованием органического связующего, запрессовывают и спекают в атмосферообразующей засыпке; 2) горячего прессования, при котором пьезокерамический порошок спекают под действием одноосного или изостатического давления [8].

Целью работы является исследование возможности применения элементов, изготовленных с использованием технологии полусухого холодного прессования и спекания при атмосферном давлении из материала ЦТС-ЛМ (НФИ-50), в лазерной гироскопии, установление характера и численных параметров температурной деформации материала и выбор направления экспериментальных работ по совершенствованию технологии изготовления материала.

Проведены испытания элементов СДАИ.757681.020-04 ($\varnothing 23 \times \varnothing 4 \times 0,4$) мм из материала ЦТС-ЛМ (НФИ-50), изготовленных по технологии полусухого холодного прессования на основе твердых растворов цирконата-титаната свинца $\text{Pb}(\text{Ti}, \text{Zr})\text{O}_3$ (ЦТС) со структурой типа перовскита, изготовлены и испытаны пьезопроводы с их использованием, а также изготовлены и испытаны гироскопы, имеющие в своем составе пьезокорректоры с этими элементами.

Измерения относительного удлинения образцов, результаты которых представлены в настоящей статье, проводились на термомеханическом анализаторе «ТМА F3 Hyperion» фирмы «Netzsch» (Германия). Разрешающая способность устройства составляет 10 нм . В качестве чувствительного элемента используется катушка индуктивности.

Измерения проводились в среде гелия. В качестве образцов для исследования в НИИФИ были изготовлены керны из пьезокерамического материала ЦТС-ЛМ (НФИ-50) с размерами ($\varnothing 6 \times 25$) мм как поляризованные вдоль оси, так и неполяризованные. Измерения проведены в интервале температур от минус 60 °С до 100 °С, который является наиболее актуальным для лазерной гироскопии с учетом самопрогрева датчиков. При измерении ТКЛР пьезокерамики торцы кернов закорачивались графитом.

Результаты исследований элементов в составе пьезокорректоров гироскопов

При контроле электрофизических характеристик элементов перед сборкой пьезокорректора установлено, что их электрическая емкость составляет около 13 нФ (у элементов других производителей от 20 до 60 нФ), что является положительным фактором для использования элементов в составе гироскопов, которые эксплуатируются в режиме реверса мод, поскольку при этом повышается быстродействие пьезокорректоров при переключении на соседнюю моду генерации.

При входном контроле изменение диаметра элементов при напряжении 100 В составило от 1,25 до 1,4 мкм при объеме выборки 50 шт., ток утечки при 250 В не превышал 0,02 мкА, что соответствует требованиям, предъявляемым к работе пьезокорректоров в составе малогабаритных гироскопов, в частности, позволяет поддерживать пьезокорректоры в состоянии заданной деформации в течение длительного времени с минимальными затратами энергии.

При контроле собранных пьезокорректоров их деформация при электрическом напряжении 200 В составила не менее 10,9 мкм, ток утечки при 250 В не превысил 0,03 мкА, что также соответствует предъявляемым требованиям.

В ходе испытаний пьезокорректоров в составе гироскопов:

1) определен гистерезис информативных параметров выходного сигнала одного из датчиков каждого гироскопа при эксплуатации в течение 2-х часов в режиме реверса мод в нормальных климатических условиях (НКУ) и при температуре минус 50 и 75 °С.

Наблюдаемый усредненный гистерезис информативных параметров выходного сигнала гироскопов приведен на рисунке 1. Цифрой 1 обозначено движение в сторону уменьшения напряжения, цифрой 2 – в сторону повышения напряжения;

2) определена длительность установления выходного сигнала оптического периметра резонатора τ при изменении управляющего напряжения $U_{упр}$ пьезокорректора: значение τ составило не более 1 мс, что при эксплуатации датчиков в составе гироскопа в режиме реверса мод сокращает время потери информации и соответствует требованиям, предъявляемым к пьезокорректорам при эксплуатации в составе гироскопа;

3) проведена наработка датчиков гироскопа в течение 120 ч в режиме переключения поляризаций с реверсом 32 с, по результатам выполнения наработки установлено:

- усредненные коэффициенты передачи пьезокорректоров при длине волны $\lambda = 0,63$ мкм обеспечивают перестройку оптического периметра резонатора: при 75 °С на 4λ ; при минус 50 °С на 3λ , что соответствует требованиям к датчику гироскопа при эксплуатации гироскопов в режиме реверса мод;

- изменение коэффициента передачи пьезокорректора при минус 50 °С относительно коэффициента в НКУ (47 ... 48 В/λ) составило не более 2,1 %; причем изменений коэффициента передачи пьезокорректора при 75 °С не установлено.

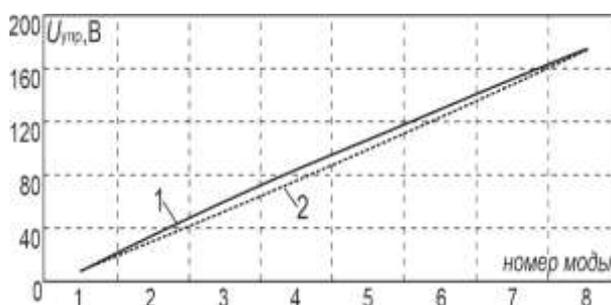


Рисунок 1 – Усредненный гистерезис информативных параметров выходного сигнала датчиков гироскопов

Figure 1 - Mean hysteresis of informative parameters of gyroscope sensor output signal

К ВОПРОСУ О ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПЬЕЗОМАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЛАЗЕРНОЙ ГИРОСКОПИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ХОЛОДНОГО ОДНООСНОГО ПРЕССОВАНИЯ И СПЕКАНИЯ

Исследование температурной зависимости температурного коэффициента линейного расширения

Поскольку материалы элементов конструкции пьезопривода имеют различные зависимости ТКЛР, то с температурой меняются свойства материалов, возникают механические напряжения в местах сопряжения разнородных деталей, в результате создаются дополнительные деформации, которые искажают основную функцию преобразования движения пьезопривода [9–11]. В связи с этим необходим расчет напряженно-деформированного состояния пьезокорректора при изменении температуры рабочей среды и его интегрального ТКЛР для создания технологических, конструктивных и схемно-технических способов улучшения его технических характеристик. Для расчета интегрального ТКЛР требуются сведения о ТКЛР материалов элементов конструкции пьезокорректора (стеклокерамика, пьезокерамика,

припоев, клеев), полученные при исследованиях, в том числе при натуральных испытаниях, поэтому исследование свойств новых материалов элементов конструкции пьезокорректора является актуальной задачей. Основными материалами конструкции пьезопривода являются стеклокерамика с ультранизким ТКЛР и пьезокерамика. Если ТКЛР стеклокерамик различных составов достаточно освещен в современной литературе как их производителями, так и исследователями в области лазерной гироскопии [12, 13], то данные по ТКЛР пьезокерамики встречаются относительно редко.

На рисунке 2 приведены результаты исследований в НИИ «Полюс» им. М.Ф. Стельмаха материала ЦТС-ЛМ (НФИ-50) производства НИИФИ и ситалла оптического СО-115М в части измерения относительного удлинения кернов из вышеуказанных материалов в диапазоне изменения температуры рабочей среды от минус 70 до 100 °С.

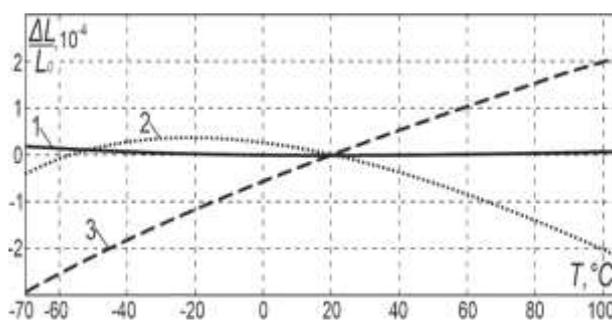


Рисунок 2 – Температурная зависимость относительного удлинения: 1 – ситалла оптического СО-115М; кернов $\varnothing 6 \times 25$ мм из материала ЦТС-ЛМ (НФИ-50) производства НИИФИ: 2 – поляризованных; 3 – неполяризованных

Figure 2 - The temperature dependence of a relative lengthening: 1 - optical sital SO-115M; 6 mm in diameter and 25 mm length samples from PZT-LM (NFI-50) made by NIIFI: 2 - poled, 3 - unpoled

Из анализа приведенных зависимостей следует, что ТКЛР поляризованных и неполяризованных образцов отличаются между собой, относительное удлинение поляризованного образца в интервале рабочих температур прибора (от минус 60 до 90 °С) составляет от минус $2,5 \cdot 10^{-4}$ до $2 \cdot 10^{-4}$, а неполяризованного – от минус $1,88 \cdot 10^{-4}$ до $0,4 \cdot 10^{-4}$. Для неполяризованной пьезокерамики среднее значение ТКЛР составляет $2,86 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$, для поляризованной керамики в связи с нелинейностью деформации расчёт одного значения ТКЛР для всего температурного диапазона нецелесообразен.

Для неполяризованного материала НФИ-50 наблюдается температурная зависимость

удлинения, характерная для квазиизотропных поликристаллических материалов: монотонное увеличение линейных размеров с увеличением температуры.

Поляризованный образец пьезокерамики характеризуется наличием незначительно выраженного пика линейных размеров, после которого линейный размер монотонно убывает с ростом температуры. Подобное поведение материала обусловлено появлением в результате поляризации анизотропии в макроскопическом масштабе. При этом с ростом температуры происходит уменьшение параметров кристаллической решетки в направлении поляризации и увеличение в перпендикулярных направлениях, из-за чего мини-

мальные линейные размеры изделия будут достигнуты при переходе в имеющую кубическую симметрию изотропную параэлектрическую фазу при температуре Кюри. При последующем нагреве, согласно [14], имеет место монотонное увеличение линейных размеров пьезокерамической заготовки, обусловленное увеличением параметра кубической решетки.

Анализ результатов исследований температурного расширения аналогичных пьезокерамик на основе цирконата-титаната свинца, в частности, ЦТС-19 [15], ПКР-7М [16],

ПКР-1 и ПКР-37 [17] подтвердил правильность проведенных исследований.

Исследование влияния способа прессования (горячего или холодного) на структуру материалов

На рисунке 3 представлена структура материала ЦТС-ЛМ (НФИ-50) производства НИИФИ, изготовленного по технологии холодного прессования. Пористость материала составляет от 20 до 25 %.

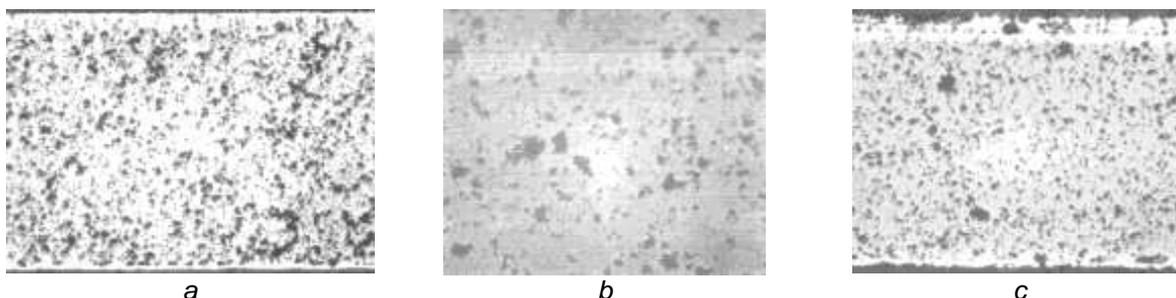


Рисунок 3 – Структура элементов из материала ЦТС-ЛМ (НФИ-50) производства НИИФИ при увеличении: а – 100^х; б – 400^х; с – 100^х (в составе пьезопривода)

Figure 3 - Microstructure of transducers manufactured from PZT-LM (NFI-50) material by NIIFI at magnification: a - 100^x; b - 400^x; c - 100^x(as part of a piezo adjuster)

На рисунке 4 представлена структура элементов, изготавливаемых методом холодного прессования на предприятии «Аврора-ЭЛМА» (г. Волгоград). Наличие крупных

пор в структуре материала крайне нежелательно для долговременного использования элементов при подаче электрического напряжения в составе гироскопа.

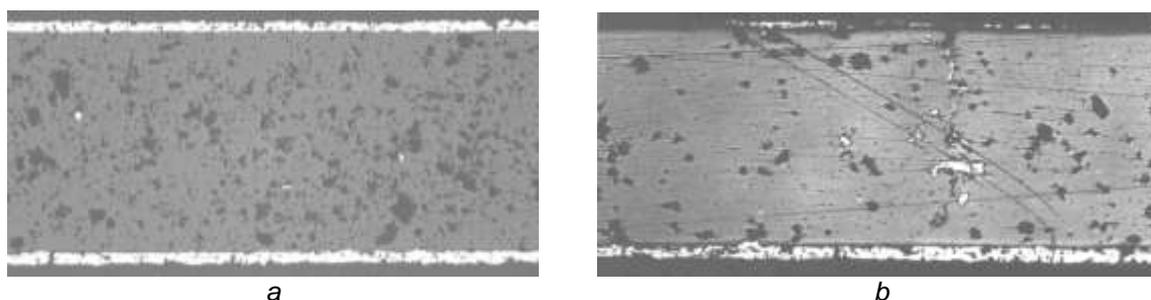


Рисунок 4 – Структура элементов из материала ЦТС-19 производства «Аврора-ЭЛМА» при увеличении 100^х: а – без дефектов; б – с дефектом

Figure 4 - Microstructure of transducers manufactured from PZT-19 material by Avrora-ELMA factory at 100^x magnification: a - normal, b - with metal leak through ceramics

Результаты анализа шлифов материала показали, что материал имеет выраженную пористую структуру. Поры составляют от 20 до 25 % фазового состава материала (средний размер пор от 10 до 15 мкм, отдельные поры достигают в диаметре 30 мкм). Некото-

рые поры соединяются между собой с образованием каналов, причем каналы, заполняемые серебрсодержащей пастой при ее нанесении и последующем вжигании (при нанесении электродов), формируют в структуре материала токопроводящие структуры,

К ВОПРОСУ О ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПЬЕЗОМАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЛАЗЕРНОЙ ГИРОСКОПИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ХОЛОДНОГО ОДНООСНОГО ПРЕССОВАНИЯ И СПЕКАНИЯ

как это можно видеть на рисунке 4, *b*. Наличие в диэлектрическом материале образованных токопроводящих структур значительно снижает надежность работы пьезокорректора из-за повышения вероятности отказа лазерного гироскопа в связи со снижением электрической прочности элементов и механического разрушения элементов от электрического пробоя. Материал ЦТС-ЛМ характеризуется более мелкими порами, благодаря чему менее подвержен протеканию вязкого расплава металлизационной пасты в процессе вжигания электродов и, следовательно, в меньшей степени склонен к образованию токопроводящих структур.



a)



b)

Рисунок 5 – Структура элементов из материала ЦТС-19 производства «ЭЛПА» при увеличении: *a* – 100 \times ; *b* – 400 \times

Figure 5 - Microstructure of transducers manufactured from PZT-19 material by "ELPA" company at magnification: *a* - 100 \times ; *b* - 400 \times

ОБСУЖДЕНИЕ

Материалы ЦТС-ЛМ (НФИ-50) и ЦТС-19 являются аналогами по своим электрофизическим характеристикам. При исследовании структуры материалов ЦТС-ЛМ (НФИ-50) и ЦТС-19 установлено, что технология полусухого холодного прессования, используемая при изготовлении материала ЦТС-ЛМ (НФИ-50), обеспечивает пористость от 20 до 25 % состава материала, а технология горячего прессования, которая используется при изготовлении материала ЦТС-19, обеспечивает пористость до 3 %. Для снижения пористости материала ЦТС-ЛМ (НФИ-50) до 3 % требуется модификация имеющейся технологии материала ЦТС-ЛМ (НФИ-50) в части повышения его плотности до 7,8 г/см³. Повышение плотности материала при сохранении мелкозернистой структуры способствует повышению прочности и снижению подвижности доменных границ материала, определяющей устойчивость структуры температурную и

временную стабильность электрофизических характеристик.

Возможность повышения плотности пьезоматериала, формируемого по технологии полусухого прессования с последующим спеканием при атмосферном давлении, зависит от нескольких факторов: формы и размера гранулированных частиц пресс-порошка, режимов прессования, количества и однородности распределения легко испаряющихся примесей в отпрессованной заготовке, режимов термической обработки.

Гранулы пресс-порошка должны иметь высокую пластичность и текучесть, определяющие однородность заполнения прессформ, для чего наиболее рациональным является использование сфероидизированных пресс-порошков, предпочтительно получаемых методом распылительной сушки [18]. Для сохранения или повышения пластичности при снижении содержания связующего вещества важно также проработать вопрос применения поверхностно-активных веществ – пла-

стификаторов различного механизма действия.

Режимы прессования должны обеспечивать получение монолитных заготовок без пор с равномерным распределением связующего вещества. Для этого необходимо подбирать давление прессования, гарантирующее механическое разрушение гранул пресс-порошка без нарушения целостности заготовки, и задавать длительность воздействия механического усилия, достаточную для полного удаления из заготовки воздуха, заполняющего пустоты между гранулами пресс-порошка.

Подбор режимов термической обработки материала, обеспечивающих получение заготовок максимальной плотности, необходимо производить только после оптимизации технологий гранулирования и компактирования в связи с тем, что поры и макроскопические дефекты (трещины, расслоения и др.) наследуются спеченным материалом и не могут быть компенсированы на этапе спекания. Верно и обратное – при неправильно подобранных режимах спекания пресс-заготовки, полностью соответствующих требованиям по содержанию и распределению примесей, будут характеризоваться высокой пористостью и посредственными пьезоэлектрическими и диэлектрическими характеристиками. При выборе температурных режимов нагрева и выдержки необходимо руководствоваться тем, что длительность процесса должна обеспечить полное удаление всех летучих примесей (связующего и загрязняющих примесей) и минимальное воздействие на летучие компоненты керамики во избежание искажения заданного стехиометрического состава.

Снижение времени и температуры обработки необходимо для получения мелкозернистой керамики, характеризующейся высокой электрической и механической прочностью, электрической и механической добротностью. Следствием столь разнородных требований является необходимость подбора оптимального режима термообработки в зависимости от пьезоматериала, геометрических размеров заготовок и расположения заготовок в печи.

В экспериментальных работах, результаты которых приведены в [19], установлено, что наивысшая плотность материала ЦТС-19 ($7,8 \text{ г/см}^3$) при его спекании при атмосферном давлении получена с использованием механической активации шихты путем ее помола в течение от 2 до 4 часов в мельнице планетарного типа до получения среднего размера

зерна от 1 до 1,5 мкм, синтеза шихты в течение 5 часов при температуре от 850 °С, последующего спекания пресс-заготовок пьезокерамических элементов при температуре 1150 °С. Причем установлено, что снижение среднего размера зерна до размера менее 1 мкм, обеспечиваемое увеличением длительности высокоэнергетического помола, не приводит к повышению плотности материала, однако повышает испарение оксида свинца из пресс-заготовок в процессе спекания при нагреве до температуры спекания, что ухудшает электрофизические характеристики изготавливаемых пьезокерамических элементов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения работы подтверждена возможность изготовления работоспособных пьезоэлементов для пьезокорректоров лазерных гироскопов из сегнетомягкого материала ЦТС-ЛМ (НФИ-50) с использованием технологии полусухого холодного прессования и спекания при атмосферном давлении.

Определен характер и численные параметры температурной деформации пьезокерамики ЦТС-ЛМ (НФИ-50) в неполяризованном и поляризованном состояниях в направлении поляризации. Наблюдаемое для поляризованной керамики уменьшение линейных размеров с ростом температуры обусловлено проявлением анизотропии электромеханических характеристик из-за ориентации кристаллитов во время поляризации внешним электрическим полем.

По результатам исследований микроструктуры пьезокерамических элементов, полученных с использованием технологий полусухого прессования и горячего прессования, установлены направления экспериментальных работ, направленных на снижение пористости пьезокерамики. Доработка режимов прессования и спекания пьезокерамики позволяют достичь плотности, сопоставимой с горячепрессованной керамикой, что позволит рассмотреть возможность применения элементов в высокоресурсных системах измерения на основе лазерных гироскопов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Колчев А.Б., Ларионов П.В., Фомичев А.А. Исследование тепловых дрейфов лазерных гироскопов с магнитооптической частотной подставкой // Исследовано в России. 2006. Т. 9. С. 2388–2398.
2. Голяев Ю.Д., Запотьлько Н.Р., Недзвецкая А.А., Синельников А.О., Тихменев Н.В. Лазерные гироскопы с увеличенным временем непрерывной работы // Датчики и системы. 2011. № 11. С. 49–51.

К ВОПРОСУ О ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПЬЕЗОМАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЛАЗЕРНОЙ ГИРОСКОПИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ХОЛОДНОГО ОДНООСНОГО ПРЕССОВАНИЯ И СПЕКАНИЯ

3. Матвеев В.В., Распопов В.Я. Основы построения бесплатформенных инерциальных систем. Санкт-Петербург : ГНЦ РФ ОАО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор». 2009. 280 с.

4. Запотылько Н.Р., Катков А.А., Недзвецкая А.А. Пьезокорректор для компенсации тепловых вариаций длины оптического пути резонатора лазерного гироскопа // Оптический журнал. 2011. Т. 78. № 10. С. 10–12.

5. Запотылько Н.Р. Современные пьезокорректоры высокостабильных газовых лазеров для измерительных систем // Лазерные новости. 1996. № 2. С. 13.

6. Борисовский С.П., Керносов М.Ю., Степанов В.А., Чуляева Е.Г. Исследование свойств лазерного излучения одночастотного лазера повышенной мощности // Вестник РГРТА. 2007. № 20. С. 99–103.

7. Богуш М.В. Пьезоэлектрические датчики для экстремальных условий эксплуатации. Пьезоэлектрическое приборостроение. Ростов-на-Дону : СКНЦ ВШ, 2006. 346 с.

8. Окадзаки К. Технология керамических диэлектриков. Москва : Энергия, 1976. 327 с.

9. Кольцевой резонатор лазерного гироскопа: пат. 2660290 Рос. Федерация № 2017123774; заявл. 06.07.2017; опубл. 05.07.2018; Бюл. № 19. 15 с.

10. Богуш М.В. Влияние температуры на коэффициент преобразования пьезоэлектрических датчиков // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2008. № 2. С. 26–39.

11. Синельников А.О., Катков А.А., Запотылько Н.Р., Савельев И.И. Влияние свойств конструкционных материалов на выходные характеристики зеемановских датчиков угловых скоростей // Известия ТулГУ. Технические науки. 2020. № 1. С. 45–50.

12. Запотылько Н.Р., Катков А.А., Полевин И.Н., Тихменев Н.В. Влияние ТКЛР материалов, используемых в лазерной гироскопии, на эксплуатационные характеристики прибора // Вопросы оборонной техники. Серия 9 «Специальные системы управления, следящие приводы и их элементы». 2012. № 6 (258). С. 61–68.

13. Власов А.В., Запотылько Н.Р., Катков А.А. Влияние отжига на относительное удлинение образцов из стеклокерамики СО-115М и Zerodur // Конференция «Инновационные технологии в электронике и приборостроении». Москва : МИРЭА, 2021. Т. 1. С. 255–259.

14. Каллаев С.Н. Теплофизические свойства нанополярной пьезокерамики на основе цирконата-титаната свинца // Вестник Дагестанского научного центра. 2012. № 47. С. 22–28.

15. Каллаев С.Н., Гаджиев Г.Г., Камилов И.К., Омаров З.М., Садыков С.А., Резниченко Л.А. Теплофизические свойства сегнетокерамики на основе ЦТС // Физика твердого тела. 2006. Т. 48. № 6. С. 1099–1100.

16. Каллаев С.Н., Омаров З.М., Митаров Р.Г., Садыков С.А. Теплофизические свойства сегнетокерамики ПКР-7М в области размытого фазового

перехода // Физика твердого тела. 2011. Т. 53. № 7. С. 1307–1311.

17. Гаджиев Г.Г., Омаров З.М., Абдуллаев Х.Х., Резниченко Л.А., Кравченко О.Ю. Тепловые свойства пьезоэлектрической керамики ПКР-1 и ПКР-37 // Известия РАН, серия физическая. 2009. Т. 73. № 8. С. 1190–1191.

18. Анциферов В.Н., Андреев В.Г., Гончар А.В., Дубров А.Н., Летюк Л.М., Попов С.А., Сатин А.И. Проблемы порошкового материаловедения. Часть. III. Реология дисперсных систем в технологии функциональной магнитной керамики. Екатеринбург : УрО РАН, 2003. 147 с.

19. Нестеров А.А., Панич А.А., Свирская С.Н., Нагаенко А.В. Зависимость электрофизических свойств керамических материалов на основе пьезофаз системы ЦТС-ЦННС от способов синтеза и характеристик частиц порошков исходной шихты // Всероссийская научно-техническая конференция «Актуальные проблемы пьезоэлектрического приборостроения». Ростов-на-Дону : Изд-во Южного федерального университета. 2012. С. 6–7.

Информация об авторах

А. В. Власов – инженер 1 категории АО «НИИ «Полюс» им. М.Ф. Стельмаха».

Н. Р. Запотылько – кандидат технических наук, начальник участка АО «НИИ «Полюс» им. М.Ф. Стельмаха».

А. А. Катков – кандидат технических наук, руководитель группы АО «НИИ «Полюс» им. М.Ф. Стельмаха».

В. В. Кикот – кандидат технических наук, начальник центра пьезопроизводства АО «НИИФИ».

Г. А. Кошкин – инженер-технолог 1 категории центра пьезопроизводства АО «НИИФИ».

REFERENCES

1. Kolchev, A.B., Larionov, P.V., Fomichev, A.A. (2006). Investigating heat fluctuation of laser gyroscopes with magnetic optical frequency shift. *Researched in Russia*, 9, 2388-2398. (In Russ.).

2. Golyaev, Yu.D., Zapotylo, N.R., Nedzvetskaia, A.A., Sinelnikov, A.O., Tikhmenev, N.V. (2011). Laser gyros with the increased time of the continuous operation. *Sensors and systems*, (11), 49-51. (In Russ.).

3. Matveyev, V.V., Raspopov, V.Ya. (2009). *Basics of designing of strapdown inertial systems*. Saint-Petersburg: JSC "Central Science and Research Institute "Electropibor". (In Russ.).

4. Zapotylo, N.R., Katkov, A.A., Nedzvetskaia, A.A. (2011). Piezo adjuster for compensating the thermal variations of the optical path length of the cavity of a laser gyroscope. *Journal of Optical Technology*, 78(10), 644-645.

5. Zapotylo, N.R. (1996). Modern piezo adjusters of high stable gas lasers for measuring systems. *Laser news*, (2), 13. (In Russ.).

6. Borisovskii, S.P., Stepanov, N.A., Kernosov, M.Y., Chulyaeva, E.S. (2009). Investigation of the parameters of laser radiation emitted by a single-frequency high-power gas laser. *Measurement Techniques*, 52(3), 254-259.
7. Bogush, M.V. (2006). *Piezoelectric sensors for extreme working conditions. Piezoelectric instrumentation*. Rostov-on-Don: SKNC VSh. (In Russ.).
8. Okazaki, K. (1973). *Technology of ceramic dielectric materials*. Moscow: Energy. (In Russ.).
9. Churkin, M.V., Borisov, M.V. (2018). Laser gyro ring resonator. *Pat. 2660290. Russian Federation, published on 05.07.2017*, Bull. No. 19. (In Russ.).
10. Bogush, M.V. (2008). Temperature influence on conversion ratio of piezoelectric sensors. *Instruments and Systems: Monitoring, Control, and Diagnostics*, (2), 26-39. (In Russ.).
11. Sinelnikov, A.O., Katkov, A.A., Zapotytko, N.R., Saveliev, I.I. (2020). The effect of the properties of structural materials on the output characteristics of Zeeman laser sensors. *Izvestiya Tula State University. Technical Sciences*, (1), 45-50. (In Russ.).
12. Zapotytko, N.R., Katkov, A.A., Polekhin, I.N. (2012). Influence of coefficient of thermal expansion of materials used in laser gyroscopes on characteristics of devices. *Matters of defence tech. Series 9 "Special systems for control, monitoring actuators, and their elements"*, 6(258), 61-98. (In Russ.).
13. Vlasov, A.V., Zapotytko, N.R., Katkov, A.A. (2021). Influence of annealing on the relative elongation of glass ceramic samples from CO-115M and Zerodur. *Transactions of the Science and technology conference "Innovational technologies in electronics and instrumentation"*. Moscow: MIREA. (In Russ.).
14. Kallaev, S.N. (2012). Thermophysical properties of nanopolar piezoelectric ceramics based on lead zirconate – lead titanate. *Herald of Daghestan Scientific Center*, (47), 22-28.
15. Kallaev, S.N., Gadzhiev, G.G., Kamilov, I.K., Omarov, Z.M., Sadykov, S.A., Reznichenko, L.A. (2006). Thermal properties of PZT-based ferroelectric ceramics. *Physics of the Solid State*, 48(6), 1169-1170.
16. Kallaev, S.N., Omarov, Z.M., Mitarov, R.G., Sadykov, S.A. (2011). Thermal physical properties of ferroelectric ceramics PKR-7 near the diffuse phase transition. *Physics of the Solid State*, 53(7), 1378-1382.
17. Gadzhiev, G.G., Omarov, Z.M., Abdullaev, H.H., Reznichenko, L.A., Kravchenko, O.Yu. (2009). Thermal properties of piezoelectric ceramics PKR-1 and PKR-37. *Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics*, 73(8), 1190-1191. (In Russ.).
18. Antsyferov, V.N., Andreev, V.G., Gonchar, A.V., Dubrov, A.N., Letyuk, L.M., Popov, S.A., Satin, A.I. (2003). *Problems of powder materials science. Part III. Rheology of dispersed systems in technology of functional ceramics*. Ekaterinburg: Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. (In Russ.).
19. Nesterov, A.A., Panich, A.A., Svirskaya, S.N., Nagayenko, A.V. (2012). Dependency of electrophysical properties of ceramic materials based on PZT-PMN-PZN system on method of synthesis and powder particle properties. *Transactions of the science and technology conference "Topical problems of piezoelectric instrumentation"*. Rostov-on-Don: Southern Federal University. (In Russ.).

Information about the authors

- A. V. Vlasov - engineer of Polyus Institute.
N. R. Zapotytko - Candidate of Technical Sciences, head of department, Polyus Institute.
A. A. Katkov - Candidate of Technical Sciences, head of group, Polyus Institute.
V. V. Kikot - Candidate of Technical Sciences, head of piezo manufacturing center, NIIFI.
G. A. Koshkin - engineering technologist of piezo manufacturing center, NIIFI.

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

Статья поступила в редакцию 28.03.2022; одобрена после рецензирования 06.05.2022; принята к публикации 17.05.2022.

The article was received by the editorial board on 28 Mar 22; approved after reviewing on 6 May 22; accepted for publication on 17 May 22.



Научная статья
2.6.17 - Материаловедение (технические науки)
УДК 620.19

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.02.019



ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ ТОНКИХ ОБРАЗЦОВ ИЗ СТАЛИ 20ГЛ, ПОЛУЧЕННЫХ ЛИТЬЕМ ПО ГАЗИФИЦИРУЕМЫМ МОДЕЛЯМ

Амантай Ерболатович Ерболатов ¹, Михаил Алексеевич Гурьев ²,
Сергей Геннадьевич Иванов ³, Артур Игоревич Аугсткалн ⁴

^{1, 2, 3, 4} Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, Барнаул, Россия

¹ amantayerbolatov98@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-5519-0257>

² gurievma@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9191-1787>

³ serg225582@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5965-0249>

⁴ augstkaln-a@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7659-3987>

Аннотация. Работа посвящена изучению ликвации углерода в стальных литых образцах толщиной 8 мм, полученных специальным методом литья по газифицируемым моделям (ЛГМ). В ходе работы были получены стальные отливки толщиной 8 мм. Микроструктуру отливок изучали как до термической обработки, так и после ТО (отжига). Исследования показали, что в процессе заливки металлом во время деструкции пенополистирола происходит интенсивное науглераживание стали не только в поверхностной зоне, но и по всему сечению образцов. Традиционная термическая обработка стальных отливок (отжиг) не оказывает значительного влияния на перераспределение углерода в объеме отливки, то есть не снижает ликвацию углерода по сечению образца.

Ключевые слова: сталь, отливка, литье по газифицируемым моделям, микроструктура, ликвация, углерод.

Благодарности: Исследования выполнены в Центре коллективного пользования АлтГТУ.

Для цитирования: Особенности структуры тонких образцов из стали 20ГЛ, полученных литьем по газифицируемым моделям / А. Е. Ерболатов [и др.]. // Ползуновский вестник. 2022. № 2. С. 139 - 144. doi: 10.25712/ ASTU.2072-8921.2022.02.019. EDN: <https://elibrary.ru/lbskmm>.

Original article

FEATURES OF THE STRUCTURE OF THIN 20GL STEEL SAMPLES OBTAINED BY CASTING GASIFIED PATTERNS TECHNOLOGY

Amantai E. Erbolatov¹, Mikhail A. Guryev², Sergey G. Ivanov³,
Artur I. Augstkaln⁴

^{1, 2, 3, 4.} Polzunov Altai State Technical University, Barnaul, Russia

¹ amantayerbolatov98@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-5519-0257>

² gurievma@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9191-1787>

³ serg225582@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5965-0249>

⁴ augstkaln-a@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7659-3987>

Abstract. The work is devoted to the study of carbon liquation in cast steel samples with a thickness of 8 mm obtained by a special method of casting according to gasified models (LGM). In the course of the work, steel castings with a thickness of 8 mm were obtained. The microstructure of castings was studied both before heat treatment and after TO (annealing). Studies have shown that in the process of pouring metal during the destruction of expanded polystyrene, intensive carburization of steel occurs not only in the surface area, but also throughout the cross-section of the samples. Traditional heat treatment of steel castings (annealing) does not have a significant effect on the redistribution of carbon in the volume of the casting, that is, it does not reduce the carbon liquation along the sample cross-section.

Keywords: steel, casting, casting according to gasified models, microstructure, liquation, carbon.

Acknowledgements: The studies were carried out at the Center for Collective Use of AltSTU.

For citation: Erbolatov, A. E., Guryev, M. A., Ivanov, S. G. & Augstkaln, A. I. (2022). Features of the structure of thin 20GL steel samples obtained by casting gasified patterns technology. *Polzunovskiy vestnik*, (2), 3-7. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.02.019.

ВВЕДЕНИЕ

Литьё по газифицируемым моделям (ЛГМ) является в настоящий момент одним из востребованных и эффективных специальных способов получения литья разной сложности и конфигурации. В последние два десятилетия в России данный вид литья приобретает все большую популярность [1–3]. Однако и проблем, связанных с удалением газов и твердых частиц углерода в процессе деструкции пенополистирольной модели, также достаточно.

Настоящие исследования посвящены изучению проблемы неравномерного распределения углерода по сечению стального литого образца, то есть ярко выраженной ликвацией углерода в стальных отливках, полученных методом литья по газифицируемым моделям.

МЕТОДЫ

В настоящей работе для получения модели заготовки использовали пенополистирол повышенной активности марки Н-4S с

содержанием пентана 7,02 % и диаметром гранул в исходном состоянии 0,3–0,6 мм. Насыпная плотность после предварительного вспенивания 20 гр/дм³. Размеры образцов: 100x100 мм, толщина 8 мм.

Спекание модели заготовки проводили в пресс-форме в автоклаве ГК-100-3 при температуре 120–125 °С, по времени 1 мин 5 и при давлении 0,22 МПа. После тщательной сушки в потоке теплого воздуха (45–50 °С) модели проходили контроль качества поверхности и устанавливались при помощи пайки на модели литниковой системы (в форме куста), изготовленной из того же материала и такой же плотности, что и сама модель образца. Далее на куст с моделями наносилось обливанием антипригарное покрытие «Ставролан ЛФ» и все это просушивалось в течение 16 часов при температуре 45–50 °С. Затем куст с моделями формовали в песчаную форму и перед заливкой расплавом подключали к вакууму с разрежением в 0,04 МПа. Заливка формы расплавом происходила при температуре 1580–1560 °С из поворотного ковша со скоростью 2,3 кг/с.

ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ ТОНКИХ ОБРАЗЦОВ ИЗ СТАЛИ 20ГЛ, ПОЛУЧЕННЫХ ЛИТЬЕМ ПО ГАЗИФИЦИРУЕМЫМ МОДЕЛЯМ

Готовые отливки извлекали из формы через 15 мин после заливки. Химический состав расплава стали перед заливкой представлен в таблице 1 (экспресс-пробы).

В работе использовалась индукционная плавильная печь с набивным тиглем емкостью 500 кг с нейтральной футеровкой. Химический анализ стали определялся с помощью эмиссионного спектрометра «АРГОН-5СФ». После получения образцов одна их часть была исследована без проведения отжига, то есть в исходном состоянии, а другая – после термообработки.

Полученные образцы вырезались из верхней части отливки на расстоянии 10 мм

от края на прецизионном отрезном станке «MICRACUT-201». Отрезанные темплеты запрессовывали в эпоксидный компаунд на металлографическом прессе «METAPRESS», затем производили шлифование и полирование на автоматическом шлифовально-полировальном станке «DIGIPREP» (рисунок 1) по методикам, описанным в работах [4–6]. Для изучения макро- и микроструктуры образцов использовался программно-аппаратный комплекс «Thixomet PRO» и металлографический микроскоп Carl Zeiss Axio Observer Z1m [7–8]. Измерения микротвердости для идентификации фаз осуществляли на универсальном твердомере МН-6.

Таблица 1 – Химический экспресс-анализ сплава перед сливом в форму

Table 1 - Chemical express analysis of the alloy before pouring into the mold

Химический элемент	C	Mn	Si	P	S	Ni	Cr	Cu	Al
Доля содержания, %	0,12	0,97	0,35	0,003	0,013	0,050	0,056	0,051	0,001



Рисунок 1 – Подготовленные образцы

Figure 1 - Prepared samples

РЕЗУЛЬТАТЫ

Проведенные исследования макро- и микроструктуры образцов показали, что в процессе заливки металлом во время деформации пенополистирола происходит интенсивное науглераживание стали не только в поверхностной зоне, но и по всему сечению образцов, что хорошо видно на рисунках 2, 3 а.



Рисунок 2 – Макро- и микроструктура образцов после отжига

Figure 2 - Macro- and microstructure of samples after annealing

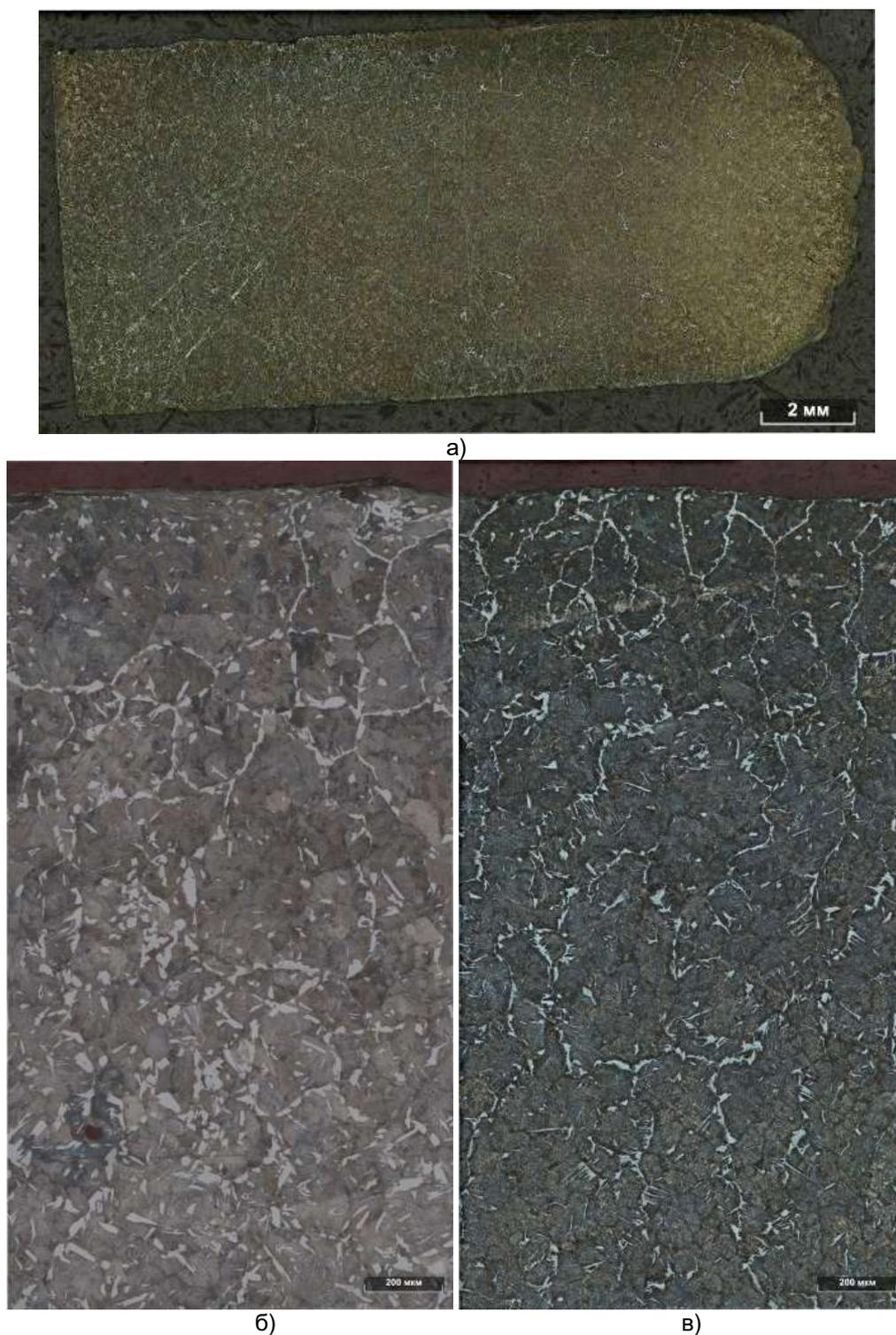


Рисунок 3 – Макро- и микроструктура образцов: а – без термической обработки; б – край образца после отжига; в – край образца без термической обработки

Figure 3 - Macro- and microstructure of samples: a - without heat treatment, b - the edge of the sample after annealing, c - the edge of the sample without heat treatment

ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ ТОНКИХ ОБРАЗЦОВ ИЗ СТАЛИ 20ГЛ, ПОЛУЧЕННЫХ ЛИТЬЕМ ПО ГАЗИФИЦИРУЕМЫМ МОДЕЛЯМ

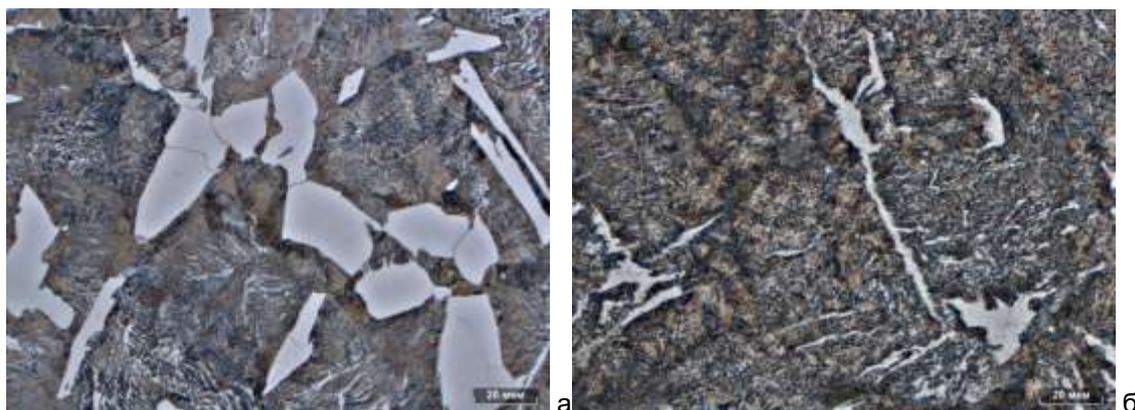


Рисунок 4 – Микроструктура сердцевины образцов: а – образец после отжига; б – без термической обработки

Figure 4 - Microstructure of the core of the samples: a - sample after annealing, b - without heat treatment

Как видно, структура образца без отжига практически полностью состоит из перлита (рисунок 3, а). Отожженный образец имеет более равновесную структуру, состоящую из зерен феррита и перлита (рисунок 3, б), при этом на нем хорошо видна область, состоящая из перлита на глубину 1,0–1,2 мм от поверхности. В образце без отжига такая структура не просматривается (рисунок 3, в).

На рисунке 4 представлена микроструктура образцов в их средней части.

Исследования показали, что микроструктура образца без термообработки представлена крупнозернистой видманштеттовой структурой (рисунок 4, б). Сердцевина образца после традиционной термообработки имеет наименьшее количество углерода по сечению и состоит из феррита и перлита в соотношении 50 : 50 (рисунок 4, а).

ВЫВОДЫ

Проведенные исследования показали, что при получении отливок методом литья по газифицируемым моделям использование пенополистирола повышенной активности марки Н-4S ведет к резкому увеличению содержания углерода по всему сечению тонких стальных отливок с 0,12 до 0,8 % углерода.

Традиционная термическая обработка стальных отливок (отжиг) не оказывает значительного влияния на перераспределение углерода в объеме отливки, то есть не снижает ликвацию углерода по сечению образца.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шуляк В.С. Литье по газифицируемым моделям. СПб. : Изд-во НПО «Профессионал», 2007. 408 с.
2. Озеров В.А., Шуляк В.С., Плотников Г.А. Литье по моделям из пенополистирола. М., «Машиностроение», 1970. 183 с.
3. Шуляк В.С. О состоянии и развитии производства отливок литьем по газифицируемым моделям в России // Сб. трудов 1-й Международной научно-практической конференции «Литье по газифицируемым моделям». СПб. 2007. С. 28–32.
4. Особенности методики подготовки образцов для автоматического анализа карбидной фазы стали X12Ф1 после цементации в вакууме с применением программного комплекса "Thixomet Pro" / С.Г. Иванов [и др.] // Ползуновский вестник. 2020. № 2. С. 165–168. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2020.02.031.
5. Методика пробоподготовки образцов высоколегированных сталей для автоматического анализа карбидной фазы / С.Г. Иванов [и др.]. // Ползуновский вестник. 2020. № 3. С. 102–105. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2020.03.018.
6. Kazakov A.A., Ryaboshuk S.V., Lyubochko D.A., Chigintsev L.S. Research on the Origin of Nonmetallic Inclusions in High-Strength Low-Alloy Steel Using Automated Feature Analysis // *Microscopy and Microanalysis*. 2015. V. 21. № 3. P. 1755–1756.
7. Kazakov A.A., Kiselev D. Industrial Application of Thixomet // *Metallography, Microstructure, and Analysis*. 2016. 5. P. 294–301.
8. Kazakov A.A., Kiselev D. Industrial application of thixomet image analyzer for quantitative description of steel and alloys microstructure // *Microscopy and Microanalysis*. 2015. V. 21. № 3. P. 457.
9. Гурьев М.А. Повышение износостойкости деталей машин и инструмента поверхностным легированием при производстве литых изделий : автореф. дис. ... канд. техн. наук / Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова. Барнаул, 2010. 17 с.

10. Технология упрочнения стальных изделий в процессе литья / М.А. Гурьев [и др.] // Литейщик России. 2013. № 6. С. 36–38.

Информация об авторах

А. Е. Ерболатов – магистрант кафедры «Машиностроительные технологии и оборудование» Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова.

М. А. Гурьев – кандидат технических наук, доцент кафедры «Машиностроительные технологии и оборудование» Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова.

С. Г. Иванов – доктор технических наук, заведующий лабораторией микроскопии, заведующий кафедрой «Машиностроительные технологии и оборудование» Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова.

А. И. Аугсткалн – аспирант Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова.

5. Ivanov, S.G., Guryev, A.M., Zemlyakov, S.A. & Guryev, M.A. (2020). Method of sample preparation of samples of high-alloy steels for automatic analysis of the carbide phase. *Polzunovsky vestnik*, (3), 102-105. (In Russ). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2020.03.018.

6. Kazakov, A.A., Ryaboshuk, S.V., Lyubochko, D.A. & Chigintsev, L.S. (2015). Research on the Origin of Nonmetallic Inclusions in High-Strength Low-Alloy Steel Using Automated Feature Analysis. *Microscopy and Microanalysis*, (3), 1755-1756.

7. Kazakov, A.A. & Kiselev, D. (2016). Industrial Application of Thixomet. *Metallography, Microstructure, and Analysis*, (5), 294-301.

8. Kazakov, A.A., & Kiselev, D. (2015). Industrial application of thixomet image analyzer for quantitative description of steel and alloys microstructure. *Microscopy and Microanalysis*, (3), 457.

9. Guryev, M.A. (2010). Increasing the wear resistance of machine parts and tools by surface alloying in the production of cast products: abstract of the Dissertation of the Faculty of Technical Sciences. Barnaul. (In Russ.).

10. Guryev, M.A., Filchakov, D.S., Ivanov, S.G., Guryev, A.M. & Deev, V.B. (2013). Technology of hardening of steel products in the casting process. *Foundry of Russia*, (6), 36-38. (In Russ.).

REFERENCES

1. Shulyak, V.S. (2007). Casting by gasified models. St. Petersburg: Publishing house of NPO "Professional". (In Russ.).

2. Ozerov, V.A., Shulyak, V.S. & Plotnikov, G.A. (1970). Casting according to models from expanded polystyrene. M., "Machine building". (In Russ.).

3. Shulyak, V.S. On the state and development of the production of castings by gasified models in Russia. Proceedings of the 1st International Scientific and Practical Conference "Casting by gasified models". SPb. 2007. (In Russ.).

4. Ivanov, S.G., Guryev, A.M., Zemlyakov, S.A., Guryev, M.A. & Romanenko, V.V. (2020). Features of the method of sample preparation for automatic analysis of the carbide phase of steel X12F1 after cementation in vacuum using the software package "Thixomet Pro". *Polzunovsky vestnik*, (2), 165-168. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2020.02.031.

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

Статья поступила в редакцию 28.03.2022; одобрена после рецензирования 06.05.2022; принята к публикации 17.05.2022.

The article was received by the editorial board on 28 Mar 22; approved after reviewing on 6 May 22; accepted for publication on 17 May 22.

Information about the authors

A. E. Erbolatov - master student of the Department «Mechanical Engineering Technologies and Equipment» of the Polzunov Altai State Technical University.

M. A. Guryev - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department «Mechanical Engineering Technologies and Equipment» of the Polzunov Altai State Technical University.

S. G. Ivanov - Doctor of Technical Sciences, Acting head of department «Mechanical Engineering Technologies and Equipment», leading researcher of the Polzunov Altai State Technical University.

A. I. Augstkaln - post-graduate student of the Polzunov Altai State Technical University.



Научная статья
2.6.17 - Материаловедение (технические науки)
УДК 541.64:546.65:535.37

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.02.020



МАТЕРИАЛОВЕДЧЕСКИЙ ПОДХОД К ТЕХНОЛОГИИ ЧЕКАНКИ МОНЕТ «PROOF» КАЧЕСТВА. ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ СПЛАВОВ СЕРЕБРА И УЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВА ЗЕРКАЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ НА МОНЕТАХ

Николай Иванович Мозговой ¹, Вадим Евгеньевич Степанов ²

^{1,2} Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, Барнаул, Россия

¹ nick_3@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4782-6355>

² vadim_stepanov_92@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9073-5427>

Аннотация. Существуют выпуски монет из драгоценных металлов коллекционного и инвестиционного назначения. По особенностям технологического процесса чеканки монеты делятся на две основные группы: 1) исполненные в качестве "пруф" (англ.: "proof", или "пруф-лайк"); 2) исполненные в обычном качестве "анциркулейтед" ("АЦ", англ.: uncirculated.) или улучшенном "бриллиант-анциркулейтед ("БА") качестве.

Качество чеканки монет «пруф» – это самое высокое качество чеканки монет, достигаемое путем применения при их производстве специальных станков и особых способов обработки заготовок и чеканочного инструмента.

Технология «пруф» предусматривает применение нескольких нажатий чеканочного штемпеля на одну и ту же поверхность монетной заготовки на чеканочных прессах, развивающих на инструменте давление в сотни тонн. Монеты качества «пруф» имеют совершенно ровную зеркальную поверхность поля и, как правило, контрастирующий с ним, матированный рисунок рельефа. Рельеф должен быть чётким, с хорошо видимыми мельчайшими деталями. Такие монеты имеют, как правило, сложный по композиции, многоплановый рисунок. На монетах не должно быть видимых невооружённым глазом царапин, насечек, заусенец, мельчайших неровностей поверхности поля (например, волнистых или напоминающих апельсиновую корку участков).

В целях предотвращения дефекта «апельсиновая корка» была разработана методика макро- и микроанализа структуры первоначального слитка сплава серебра и способ легирования слитка беррилем.

Ключевые слова: монеты, качество чеканки, пруф, серебро, сплав серебра.

Для цитирования: Мозговой, Н. И., Степанов, В. Е. Материаловедческий подход к технологии чеканки монет «PROOF» качества. Исследование структуры сплавов серебра и улучшение качества зеркальной поверхности на монетах // Ползуновский вестник. 2022. № 2. С. 145 – 152. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.02.020.EDN: <https://elibrary.ru/mmiqvvt>.

Original article

MATERIAL SCIENCE APPROACH TO THE TECHNOLOGY OF MINTING "PROOF" QUALITY COINS. STUDY OF SILVER ALLOYS STRUCTURE AND IMPROVEMENT OF MIRROR SURFACE QUALITY ON COINS

Nikolay I. Mozgovoy ¹, Vadim E. Stepanov ²

^{1,2} Altai State Technical University, Barnaul, Russia

¹ nick_3@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4782-6355>

² vadim_stepanov_92@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9073-5427>

Abstract. *There are issues of coins made of precious metals for collection and investment purposes. Coins are divided into two main groups according to their mintage process: 1) those executed in "proof" quality; 2) those executed in regular "uncirculated" quality or improved "diamond-uncirculated" quality.*

The Pruf mintage is the highest quality of minted coins and is achieved by means of special machines and special ways of minting tools.

The proof technology includes several pressings of the mint stamp on the same surface of the coin billet on the minting presses, developing a pressure of hundreds of tons on the tool. The proof quality coins have a perfectly flat, mirror-like surface of the field and, as a rule, a matted relief pattern contrasting with it. The relief must be clear, with the finest details clearly visible. Such coins have, as a rule, a complex composition, multidimensional picture. There should be no scratches, notches, burrs or the smallest irregularities of the field surface (e.g. wavy or orange peel-like areas) visible to the naked eye on the coins.

In order to prevent the "orange peel" defect, a method of macro- and micro-analysis of the structure of the original silver alloy ingot and a method of alloying the ingot with beryllium were developed.

Keywords: *coins, minting quality, proof, silver, silver alloy.*

For citation: Mozgovoy, N. I., Stepanov, V. E. (2022). Material science approach to the technology of minting "proof" quality coins. study of silver alloys structure and improvement of mirror surface quality on coins. *Polzunovskiy vestnik*, 2, 145-152. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.02.020.

ВВЕДЕНИЕ

Для получения ровной зеркальной поверхности на монетах «пруф» качества была разработана методика анализа макро- и микроструктуры и определения рейтинга качества слитков сплава СrМ 925 по инородным включениям и пористости. Производят монеты «пруф» качества из сплава СРМ.

Многие монетные дворы и частные компании производят изделия из сплава СrМ 92,5 различной массы, высотой гравюры и диаметра. Стерлинговое серебро на 92,5 % состоит из чистого серебра, остальное – медь. Наличие меди приводит к повышению твердости сплава для сочетания высоких эксплуатационных качеств и внешнего вида изделия. Однако в результате хранения коллекционных монет из серебра на их поверхности образуются зоны потускнения различной пло-

щади и оттенков. В зоне потускнения серебряных монет обнаруживают, кроме О, С, S, также следы Fe, Mg, Na, что указывает на внешнее загрязнение [1–3, 13].

По полученным результатам также указывается, что за потускнение серебряных монет также ответственно присутствие серы, в результате образуются соединения Ag₂S, AgCl и др. Защита серебряных изделий от потускнения в процессе эксплуатации является весьма актуальной задачей.

В равной степени актуальной задачей является получение ровной зеркальной поверхности на изделиях.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Была разработана схема отбора и маркировки образцов. Образцы для анализа отбираются от каждой кампании плавок в сле-

МАТЕРИАЛОВЕДЧЕСКИЙ ПОДХОД К ТЕХНОЛОГИИ ЧЕКАНКИ МОНЕТ «PROOF» КАЧЕСТВА, ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ СПЛАВОВ СЕРЕБРА И УЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВА ЗЕРКАЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ НА МОНЕТАХ

дующем порядке. От первого, среднего и последнего слитка кампании по ходу разливки металла на фрезерном станке дисковой фрезой вырезают (из середины слитка) по одному темплету [4–7, 14, 16]. Темплеты представляют собой бруски полного сечения вытягиваемого слитка размерами 150x20 мм и шириной 30 мм (рисунок 1). Далее на фрезерном станке твердосплавной фрезой фрезеруется две поверхности темплетта: 1 лицевая и 1 торцевая. Вырезанные и обработанные темплеты дополнительно разрезают на 3 образца размером около 45x20x18 мм (рисунок 1).

Не допускается разрезка на пресножницах, гильотинных ножницах и т.д., деформирующих поверхность слитка.

Образцы маркируют согласно нижеприведенной схеме. Маркировку наносят краской (маркером) на поверхность, противополож-

ную отфрезерованной лицевой поверхности.
Технология получения: А – Х
Год выпуска (последние 2 цифры года) – XX
Номер слитка (трехзначный) – XX/X
Номер переходного слитка (четырёхзначный) – XX–XX
– XX–XX
Место отбора темплетта: Н (начало слитка), С (середина), К (конец)
– Х
Порядковый № образца слева направо относительно направления вытяжки слитка (при разрезке на образцы для микроанализа) – Х.

XXX-XX/X XX

Пример: Образец № 2, вырезанный от середины слитка № 88/2, полученного в 2021 г непрерывным литьем на УНЛ Вертли: B05-97/1C2.

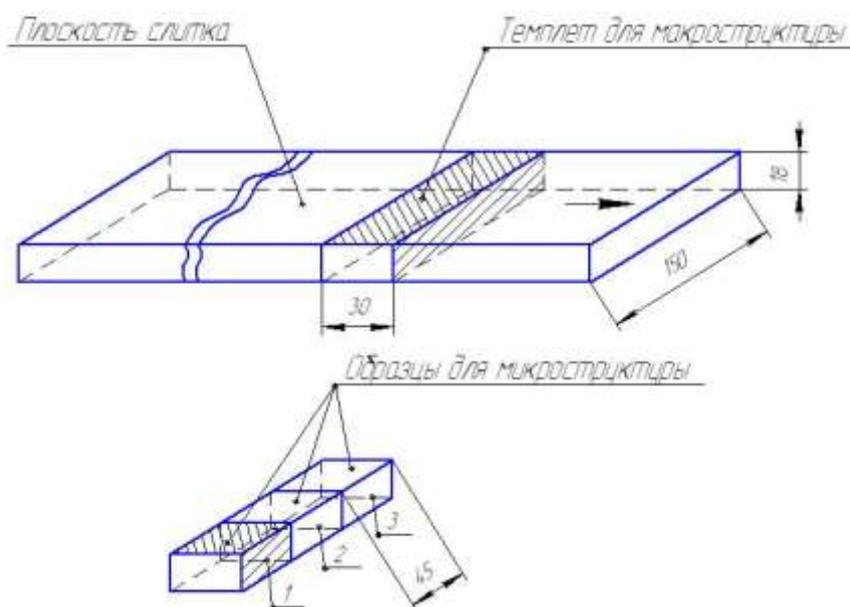


Рисунок 1 – Схема раскроя слитка на темплеты и образцы для исследования макро- и микроструктуры

Figure 1 - Scheme of ingot cutting into templates and samples for macro- and microstructure research

МИКРОАНАЛИЗ

Микроанализ предназначен для обнаружения и оценки внутренних дефектов в сплаве: инородных (неметаллических) включений и пористости.

Подготовка образцов

Подготовку образцов из сплава SrM 925 проводят на алмазных пастах (шлифовальных шкурках). Комплект алмазных паст

(шлифовальных шкур) для подготовки образцов должен быть следующим: 1–20 мкм.

Алмазную пасту наносят на сукно. Для каждого номера алмазной пасты должно быть отдельное сукно. При шлифовании на каждом виде пасты образец держать в одном положении. При переходе с одного номера алмазной пасты на другой необходимо изменить направление обработки поверхности на 90°. Недопустим переход от грубого шлифования к тонкому полированию, так как грубые штрихи от предыдущей обработки забиваются

мелким абразивом, что создает ложное впечатление о наличии дефектов. К моменту окончания полирования на образце не должно оставаться рисок от предыдущей операции. Скорость вращения круга может изменяться в значительных пределах. Для мягких металлов следует устанавливать скорость не более 200 об/мин, а также использовать сукно с невысоким ворсом. Давление на образец должно быть небольшим, но достаточным, для обеспечения резки абразивом поверхности (60–120 Н). Усилие на образец подбирается таким образом, чтобы не допускать разогрева образца. Подготовка образца должна осуществляться в течение 15–20 мин.

Для промежуточной промывки образца использовать спирт или бензин.

Аналогичные действия проводятся при полировке с помощью шлифовальной шкурки.

При отсутствии полировального станка вышеуказанные действия проводят вручную.

Определение внутренних дефектов

Определение рейтинга микроструктурной чистоты.

Определение качества сплава по внутренним дефектам проводится на нетравленных образцах посредством визуального изучения поверхности шлифа и подсчета количества включений.

Включения, которые выявляются в сплаве SrM 925, подразделяются по видам (рисунок 2):

- «светлые», предположительно алюмосиликаты;
- «серые», предположительно карбиды;
- «черные», предположительно углерод (графит, уголь).



а) «Черное» включение



б) «Серое» включение



в) «Светлое» включение

Рисунок 2 – Виды включений, которые выявляются в сплаве SrM 925

Figure 2 -Types of inclusions that are detected in alloy SrM 925

МАТЕРИАЛОВЕДЧЕСКИЙ ПОДХОД К ТЕХНОЛОГИИ ЧЕКАНКИ МОНЕТ «PROOF» КАЧЕСТВА. ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ СПЛАВОВ СЕРЕБРА И УЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВА ЗЕРКАЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ НА МОНЕТАХ

МИКРОАНАЛИЗ

Внешний вид инородных включений представлен на образцах-эталонах или на фотографиях образцов эталонов.

Включения, которые выявляются в сплаве SrM 925, подразделяются по размерам:

- 1 группа «крупные» – включения размером 20–40 мкм;

- 2 группа «средние» – включения размером 10–20 мкм;

- 3 группа «мелкие» – включения размером 2–10 мкм.

Оценку загрязненности каждого шлифа проводить по 10 полям на лицевой и по 10 полям торцевой поверхности при увеличении $\times 200$ (рисунок 3).

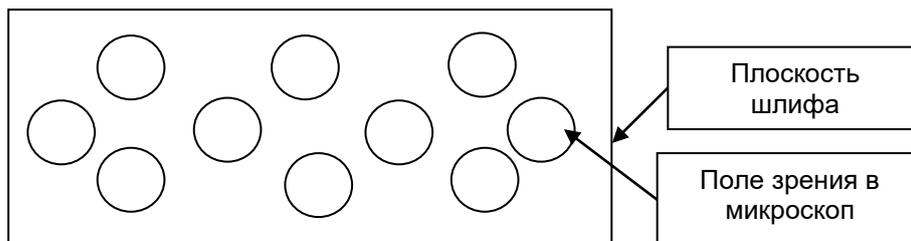


Рисунок 3 – Схема размещения полей на шлифе образца для оценки загрязненности сплава SrM 925

Figure 3 - Scheme of placing the fields on the specimen slate to assess the contamination of the alloy SrM 925

Определить относительную долю площади, занятой включениями размером от 2 до 40 мкм с учетом вида включений. Включения размером 2 мкм не учитывать.

На каждом поле определить количество включений по группам и занести результаты в маршрутную карту. В случае, если появляются включения размером более 40 мкм, в маршрутной карте увеличивают количество групп в зависимости от максимальных размеров включений в металле.

Для определения размера включения необходимы микрометр и окуляр, оснащенный измерительной линейкой. С помощью микрометра определяют цену деления окулярной шкалы. Для этого устанавливают микрометр на предметный столик микроскопа блестящей поверхностью вниз (то есть поверхностью, на которую нанесена линейка). Накладывая одну линейку на другую, определяют цену деления окулярной шкалы при данном увеличении (x):

$$C_{(x)} = \frac{e * 10}{a}$$

где e – число делений на микрометре;

a – число делений на окулярной шкале;

10 – цена деления микрометрической линейки, мкм.

Аналогичные измерения производят для всех увеличений и составляют шаблон для простоты и оперативности подсчета. Зная цену деления окулярной шкалы при определенном увеличении, можно с высокой точностью определить размер включения или по-

ры. Для микроскопа «Axiovert 200MAT» используют следующий шаблон.

Таблица 1 – Цена деления окулярной шкалы при разных увеличениях

Table 1 - Ocular scale graduation value at different magnifications

Цена деления при увеличениях	Значение цены деления шкалы, мкм
C_{25}	66,67
C_{50}	33,33
C_{100}	16,39
C_{200}	8,2
C_{500}	3,3
C_{1000}	1,64

Размер включения определяется по формуле:

$$d_{CP} = (a_1 + a_2) / 2 * C_{(x)},$$

где a_1 – размер включения по вертикали, мкм;

a_2 – размер включения по горизонтали, мкм.

Площадь включения округлой формы определяют по формуле:

$$S = \pi d_{CP}^2 / 4.$$

Загрязненность шлифа (N) оценивают как отношение площади, занимаемой включениями, к площади просматриваемой поверхности и определяют по формуле:

$$N = \frac{\sum_{i=1}^{10} S_i}{S * 10}$$

где S_i – общая площадь, занимаемая включениями на i -поле, мкм;

i – количество полей просмотра;

S – общая площадь просмотра, мкм².

При установлении рейтинга микроструктурной чистоты пользоваться данными, приведенными в таблице 2.

Таблица 2 – Рейтинг микроструктурной чистоты

Table 2 - Microstructure purity rating

Загрязненность $\times 10^{-2}$, %	Рейтинг
0	R-1
0-1	R-2
1-2	R-3
2-3	R-4
3-5	R-5

Пример заполнения маршрутной карты по определению микроструктурной частоты (рейтинг загрязненности) образца сплава CrM 925 приведен на рисунке 4.

Определение пористости

Пористость также выявляется при анализе нетравленных шлифов на заключительной стадии полировки образца. Пористость определять аналогично определению рейтинга загрязненности и фиксировать в маршрутной карте, аналогичной карте для определения рейтинга загрязненности. При этом отмечать количество и размер пор (без учета вида пор), определять рейтинг пористости.

Номер слитка	Шифр образца	Увеличение	Площадь поля, мкм ²	Вид включения	Кол-во полей	Кол-во включений в группе / средний размер		
						2-8 мкм	10-20	20-40
						5	15	30
53/3	К3	$\times 200$	949850	свет	10	1		
	поперек			серое		14	1	
				черное		31		
Итого вкл:						46	1	0
Площадь, занимаемая включениями, мкм ²						902,75	176,63	0,00
Общая площадь, мкм ²								1079,38
Загрязненность немет. вкл, $\times 10^{-2}$, %								1,14
Рейтинг загрязненности								R-3

Рисунок 4 – Фототаблица маршрутной карты по определению рейтинга загрязненности образца B06-53/3K3

Figure 4 - Photo table of the route map for determining the contamination rating of sample B06-53/3K3

МАКРОАНАЛИЗ

Макроанализ сплава CrM 925 предназначен для определения:

- структурной неоднородности, наличия зон с мелко- и крупнокристаллической структурой, столбчатой структурой;

- грубых нарушений сплошности металла, усадочной раковины, пористости, подкорковых пузырей, межкристаллитных трещин, возникших при обработке давлением и термической обработке;

- химической неоднородности, которая может возникать при нарушениях процесса плавки.

Подготовка образцов

Для изучения макроструктуры используют образцы после изучения микроструктуры.

Поверхность образцов обезжирить спиртом и высушить фильтровальной бумагой или медицинской ватой.

150

Протравить образцы в растворе следующего состава:

- перекись водорода 9 % – 300 мл;
- аммиак 25 % – 500 мл.

Травление проводить в вытяжном шкафу при включенной вентиляционной системе. Температура травления 25–30 °С. Раствор травления должен быть свежеприготовленным. Образцы погрузить в травильный раствор. Объем раствора травления должен превышать объем образца в 10 раз. Время травления 15 мин. Травление протекает активно с выделением тепла.

После травления образец тщательно промыть в проточной воде, не касаясь руками травленной поверхности, протереть спиртом, высушить фильтровальной бумагой.

Анализ макроструктуры

Выявленную в результате травления макроструктуру сфотографировать. Поверхность шлифа осмотреть визуально или с применением небольших увеличений до $\times 25$.

МАТЕРИАЛОВЕДЧЕСКИЙ ПОДХОД К ТЕХНОЛОГИИ ЧЕКАНКИ МОНЕТ «PROOF» КАЧЕСТВА. ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ СПЛАВОВ СЕРЕБРА И УЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВА ЗЕРКАЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ НА МОНЕТАХ

Описание макроструктуры сделать при визуальном анализе макроструктуры шлифа или по ее фотографии. Оценить наличие, величину зон мелкозернистой, столбчатой и крупнозернистой структуры. Размер кристаллитов (минимальный, средний, максимальный) в каждой зоне подсчитывается с помощью окулярной шкалы бинокулярной лупы БЛ-2-1. Полученные результаты макроанализа заносятся в паспорт и сравниваются с макроструктурой образцов-эталонов.

ВЫВОДЫ

Обобщая полученные результаты исследования по разработанной методике, можно резюмировать, что существенное влияние на количественные и качественные показатели оказала технология чеканки монет «proof» качества и исследование структуры сплавов серебра, которые привели к улучшению качества зеркальной поверхности на монетах.

Разработанная методика позволяет:

- 1) определить заранее, какой слиток и с какими физико-химическими свойствами необходимо брать в дальнейшее производство серебряного проката и далее монетных заготовок, что значительно снижает производственные потери при производстве монет и монетовидных изделий «пруф» качества;
- 2) планировать дальнейшую термическую обработку монетных заготовок, что влияет на качество зеркальной поверхности данных изделий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алхимия денег : Александр Свет. Санкт-Петербург, Амрита-Русь, 2006. 128 с.
2. Вязельщиков В. «Бронзовые разменные монеты» История конкурса 1925 г. на новые изображения бронзовых монет. Чеканка бронзовых монет в 1925–1926 гг. Советский коллекционер, 1929. № 1–3.
3. Бакулин С.Б. Технологические расчеты процессов листовой штамповки / Науч.-техн. о-во машиностроит. пром-ти. Обществ. ун-т. Заоч. курсы усовершенствования ИТР по технологии холодной штамповки. Москва : [б. и.], 1964. 49 с. : черт.; 22 см.
4. Балин А.И., Веретеннова Т.Н. [и др.] Процесс чистовой вырубki и технологические смазки. Кузнечно-штамповочное производство, 1977. № 2.
5. Бебрис А.А. Определение усилия прижима при вытяжке // Изв. вузов. Машиностроение. 1963. № 3.
6. Бер В.И., Суяров Д.И. Выбор мощности кривошипного пресса для вырубki** пробивки в горячем состоянии (методом муаровых полос).

Информационный листок. Красноярск, ЦНТИ. 1977. № 170–77.

7. Богданов В.М. Холодная штамповка деталей по элементам в мелкосерийном производстве. М., 1963. 188 с.
8. Глейзер М. Выпуск медных монет СССР // Петербургский коллекционер. № 5 (26). 2003.
9. Зеликман А.Н., Коршунов Б.Г., Елютин А.В., Захаров А.М. Ниобий и тантал. М. : Металлургия, 1990. 296 с.
10. Мозговой Н.И., Мозговая Я.Г., Пашкова Е.А. Экспериментальные исследования внутренних дефектов пластичных материалов методом неразрушающего контроля. Инновации в машиностроении : материалы VII международной науч.-практ. конф. 23–25 сентября 2015 г. Кемерово : КузГТУ, 2015. С. 512–515.
11. Мозговой Н.И., Мозговая Я.Г. Разработка программно-аппаратного комплекса для контроля внутренних дефектов и остаточного ресурса инженерных конструкций и Агротехника и энергообеспечение. Обработка металлов. № 4 (73). 2016. С. 6–15.
12. Мозговой Н.И. Совершенствование технологии изготовления вырубного штампового инструмента для изготовления деталей для сельскохозяйственной техники. Инновации в сельском хозяйстве. № 4 (25). 2019. С. 110–120.
13. Святловский В.В. Происхождение денег и денежных знаков. Москва, Красанд, 2010. 136 с.
14. Романовский В.П. Справочник по холодной штамповке. Л. : Машиностроение, 1979. 520 с.
15. Савицкий Е.М., Бурханов Г.С., Поварова К.Б. [и др.]. Тугоплавкие металлы и сплавы. М. : Metallurgy, 1986. 352 с.
16. Смолин Е.Л. Основы конструирования штамповой оснастки : учеб. пособие для вузов. Тольятти : ТГУ, 2004. 44 с.

Информация об авторах

Н. И. Мозговой – кандидат технических наук, доцент кафедры технология машиностроения, факультет специальных технологий.

В. Е. Степанов – магистрант кафедры технологии машиностроения, факультет специальных технологий.

REFERENCES

1. The Alchemy of Money (2006). Alexander Light. St. Petersburg, Amrita-Rus. (In Russ.).
2. Vyazelshchikov, V. (1929). Bronze Change Coins History of the 1925 contest. For new images of bronze coins. Minting of bronze coins in 1925-1926. "SovietCollector #1-3". (In Russ.).
3. Bakulin, S.B. (1964). Technological calculations of sheet stamping processes. Nauch.-techn. ovomashinosti. Univ. of Society. Correspondence courses for advanced training of engineers in cold stamping technology. Moscow. (In Russ.).
4. Balin, A.I. Veretenova, T.N. [et al.] (1977).

The process of finishing punching and technological lubricants. *Forging and Stamping Production*, (2). (In Russ.).

5. Bebris, A.A. (1963). Determination of pulling force. *Izv. Machine Building*, (3).

6. Ber, V.I. & Suyarov, D.I. (1977). *The choice of power of a crank press for felling** punching in a hot state (by the moiré stripe method)*. Information sheet. Krasnoyarsk, CSTI, (170-77). (In Russ.).

7. Bogdanov, V.M. (1963). *Cold stamping parts on the elements in small-scale production*. Moscow. (In Russ.).

8. Glaser, M. (2003). Issue of copper coins of the USSR. *Petersburg Collector*, 5 (26).

9. Zelikman, A.N., Korshunov, B.G., Yelyutin, A.V. & Zakharov, A.M. (1990). Niobium and tantalum. Moscow: Metallurgy. (In Russ.).

10. Mozgovoy, N.I., Mozgovaya Ya.G. & Pashkova, E.A. (2015). Experimental studies of internal defects of plastic materials by nondestructive testing. Innovations in mechanical engineering. *Materials of the VII international scientific - practical conf. 23-25 September 2015*. KuzSTU : Kemerovo, 512-515. (In Russ.).

11. Mozgovoy, N.I. & Mozgovaya, Ya.G. (2016). Development of hardware-software complex to control internal defects and residual life of engineering structures and Agrotechnics and Power Supply. *Metalpro-*

cessing, 4 (73), С. 6-15. (In Russ.).

12. Mozgovoy, N.I. (2019). Improving the technology of manufacturing punching die tools for the manufacture of parts for agricultural machinery. *Innovation sinagri culture*, No. 4 (25), 110-121. (In Russ.).

13. Svyatlovsky, V.V. (2010). *Origins of money and money signs* : Moscow: Krasand. (In Russ.).

14. Romanovsky, V.P. (1979). *Handbook on cold stamping*. L. : Mashinostroenie. (In Russ.).

15. Savitsky, E.M., Burkhanov, G.S., Povarova, K.B. [et al.]. (1986). *Refractory metals and alloys*. Moscow : Metallurgy. (In Russ.).

16. Smolin, E.L. (2004). *Fundamentals of stamping tooling design: a textbook for universities*. Togliatti : TSU. (In Russ.).

Information about the authors

N. I. Mozgovoy - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Machine Building Technology, Polzunov Altai State Technical University.

V. E. Stepanov - student of the Department of Mechanical Engineering Technology, Faculty of Special Technologies, 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 28.03.2022; одобрена после рецензирования 06.05.2022; принята к публикации 17.05.2022.

The article was received by the editorial board on 28 Mar 22; approved after reviewing on 6 May 22; accepted for publication on 17 May 22.



Научная статья
05.17.06 – Технология и переработка полимеров и композитов (технические науки)
УДК 678

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.02.021



ПОВЫШЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ШИН ДЛЯ ПРИЦЕПНОЙ ТЕХНИКИ

Мария Владимировна Вододохова¹, Иван Николаевич Стрельцов²,
Александр Анатольевич Беушев³

^{1,2} ООО «НОРТЕК», г. Барнаул, Россия

³ Алтайский государственный технический университет им. Ползунова, г. Барнаул, Россия

¹ user0118@nortec-tyres.com

² user0118@nortec-tyres.com

³ baa7@list.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0233-3805>

Аннотация. В рамках сложившейся геополитической ситуации остро стоит проблема импортозамещения не только сырьевой базы для шинной промышленности, как для военно-промышленного комплекса, так и для народного хозяйства, но и продукции в целом. В статье рассмотрена проблема повышения технических характеристик шинной продукции до уровня ведущих производителей стран Европы и США с максимальным применением отечественного сырья с учетом сохранения уровня качества продукции. Приведен обзор результатов работ компании ООО «НОРТЕК», проведенных в рамках импортозамещения по сельскохозяйственным шинам для прицепной техники типа РУФ-2. В ходе работы установлено влияние применения анидных кордов вместо применяемых ранее, капроновых, в основных несущих конструктивных элементах на эксплуатационные характеристики шин. Для повышения качества продукции пересмотрены рецептуры резиновых смесей в части увеличения доли натурального каучука для снижения рисков разрушения шин в плечевой зоне при работе с перегрузом и на низком относительно нормы давлении, что наиболее актуально для шин прицепной техники.

На основании полученных результатов лабораторных испытаний установлено, что разработанная конструкция сельскохозяйственной шины с повышенными техническими характеристиками для прицепной техники полностью соответствует требованиям стандартов РФ и имеет повышенные эксплуатационные характеристики с устранением ранее имеющейся проблемы – разрушения шин в плечевой зоне.

Ключевые слова: импортозамещение, сельскохозяйственная шина, анидные корда, резиновые смеси, натуральный каучук.

Для цитирования: Вододохова, М. В., Стрельцов, И. Н., Беушев, А. А. Повышение технических характеристик сельскохозяйственных шин для прицепной техники // Ползуновский вестник. 2022. №2. С. 153 – 156. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.02.021. EDN: <https://elibrary.ru/nysbxt>

Original article

IMPROVING OF TECHNICAL CHARACTERISTICS OF AGRICULTURAL TRAILER TIRES

Maria V. Vododokhova¹, Ivan N. Streltsov²,
Alexander A. Beushev³

^{1,2} LLC "NORTEC", Barnaul, Russia

³ Polzunov Altai State Technical University, Barnaul, Russia

¹ user0118@nortec-tyres.com

² user0118@nortec-tyres.com

³ baa7@list.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0233-3805>

Abstract. A problem of import substitution is acute not only for the raw material base for the tire industry, both for the military-industrial complex and for the national economy, but also for products in general due to the current geopolitical situation. The problem of improving the technical characteristics of tire products to the level of leading manufacturers in Europe and the USA with the maximum use of domestic raw materials, taking into account the preservation of the level of product quality is considered in the article. An overview of the results of investigations of LLC "NORTEC", carried out as part of import substitution for agricultural tires for trailers of the RUF-2 type, is given. The influence of the use of anid cords instead of the previously used nylon cords in the main load-bearing structural elements on the tire performance was established. Also, to improve the quality of products, the formulations of rubber compounds have been revised in terms of increasing the proportion of natural rubber to reduce the risk of tire destruction in the shoulder area when working with overload and at low pressure relative to the norm, which is most important for trailer tires.

Based on the results of laboratory tests, it was established that the developed design of an agricultural tire with improved technical characteristics for trailers fully complies with the requirements of the Russian Federation standards and has improved performance characteristics with the elimination of the previously existing problem - tire destruction in the shoulder area.

Keywords: import substitution, agricultural tire, anide cords, rubber compounds, natural rubber.

For citation: Vododokhova, M. V., Streltsov, I. N. & Beushev, A. A. (2022). Improving of technical characteristics of agricultural trailer tires. *Polzunovskiy vestnik*, (2), 153-156. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.02.021.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время имеется большое количество исследований по повышению производительности шинных комбинатов за счет снижения времени вулканизации при замене теплоносителей [1, 2]. Однако замена перегретой воды на пар приводит к снижению прочности основных конструктивных несущих элементов шин.

С другой стороны, в связи с обострившимся вопросом по импортозамещению сырья и готовой продукции необходимо не только повышение производительности, но и качества продукции до ведущих шинных компаний Европы.

Кроме того, необходимо повышение основных технических характеристик шин в связи с возрастающими характеристиками техниками.

В связи с тем, что Российская Федерация является агропромышленным комплексом с рядом крупных предприятий по производству колесной сельскохозяйственной техники, наиболее актуально проведение мероприятий по импортозамещению именно для сектора крупногабаритных сельскохозяйственных шин.

Компанией ООО «НОРТЕК» с целью сохранения качества продукции при увеличении производительности за счет перехода на паровые режимы вулканизации проведены работы по пересмотру конструкции шин для сельскохозяйственной техники за счет введения в каркас и брекер анидных кордов вместо капроновых и улучшения свойств резиновых смесей за счет повышения доли натурального каучука [3].

ПОВЫШЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ШИН ДЛЯ ПРИЦЕПНОЙ ТЕХНИКИ

Замена капронового корда анидным обусловлена явными преимуществами последнего, а именно: анидный корд более работоспособен при высоких температурах, что определяется более высокой температурой плавления (250–260 °С вместо 212–216 °С); термостойкость, динамическая выносливость, относительная прочность выше на 8–10 %, тепловая усадка ниже на 3–5 % [4]. При вулканизации при высоких температурах анидный корд меньше теряет в прочности и поэтому технико-экономические свойства у него лучше.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

С целью повышения качества продукции при замене технологии вулканизации в части замены теплоносителя специалистами, согласно «Технологическому регламенту ООО «НОРТЕК» [5], на предприятии были проведены исследовательские работы по замене применяемых капроновых кордов на анидные и полиэфирные. На основании проведенных расчетов и лабораторно-дорожных испытаний установлено, что применение полиэфирных кордов наиболее целесообразно для легковых и легкогрузовых шин.

Однако в настоящий момент наиболее востребованный сектор шинной промышленности – сельское хозяйство. Для шин данной категории основная техническая характеристика – высокая грузоподъемность при сравнительно низких показателях внутреннего давления воздуха.

Основная работа по повышению качества сельскохозяйственных шин проведена по шинам для прицепной техники в связи с обращением на ООО «НОРТЕК» производителя прицепов РУФ-2 по вопросу повышения технических и эксплуатационных характеристик шин 560/60R22,5 мод. Nortec IN-36.

При проведении работ по повышению качества продукции и увеличению основных характеристик шин до уровня ведущих европейских компаний и требований заказчика специалистами ООО «НОРТЕК» учитывалось, что шина для прицепной техники будет работать в режиме «перегрузки».

Как известно, наиболее вероятный выход шин из строя при «перегрузе» – «Крестообразный разрыв каркаса» либо «Излом каркаса в плечевой зоне» вследствие повышенных деформаций.

Как уже говорилось ранее, при замене теплоносителей капроновые корда за счет воздействия высоких температур подвергаются деструкции и теряют прочностные характеристики. С целью устранения падения прочностных характеристик в каркас шин введены

анидные корда, которые, как известно, имеют более высокую температуру плавления.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Сравнение физико-механических показателей кордов после вулканизации на паровых режимах приведены в таблице 1.

Как мы видим из приведенных данных в таблице 1, анидные корда сохраняют более высокие показатели по разрывной нагрузке и, как следствие, не будут разрушаться в процессе эксплуатации при перегрузке транспортного средства.

Вторым фактором, рассматриваемым специалистами конструкторского отдела, является то, что прицепная сельскохозяйственная техника эксплуатируется как по полям, так и по дорогам общего пользования с асфальтовым покрытием. Для повышения износостойкости рисунка протектора произведен пересмотр шифров резиновых смесей: заменена марка технического углерода N-220 на более активную N-339, исключен регенерат, увеличена массовая доля каучуков СКИ-3 с 33 % до 35,47 % и СКД с 9,2 % до 17,71 %. Согласно исследованиям, износостойкость рисунка протектора увеличилась на 8 %. Сравнительные характеристики физико-механических показателей боковин приведены в таблице 2.

Третий фактор, характерный для эксплуатации сельскохозяйственной техники – это изменение давления эксплуатации шин в зависимости от плотности грунта.

С целью устранения разрушения боковин в результате работы в условиях постоянной деформации из-за смены внутреннего давления в шине произведена замена шифров резиновых смесей в боковине. В рецептуру введен натуральный каучук.

Таблица 1 – Сравнение физико-механических показателей кордов после вулканизации

Table 1 – Comparison of physical and mechanical parameters of cords after vulcanization

Марка корда	Удлинение при 20Н	Удлинение при разрыве	Разрывная нагрузка, Н
30КНТС	4,4	25,5	200,9
30АВУ	-	29,3	287,8

После полного пересмотра конструкции и рецептур проведены лабораторные стендовые испытания шин. На основании испытаний выявлено повышение ходимости шин и устранение дефекта «Трещины по боковине». Результаты приведены в таблице 3.

Таблица 2 – Сравнение физико-механических показателей кордов после вулканизации

Table 2 – Comparison of physical and mechanical parameters of cords after vulcanization

Марка корда	Условное напряжение при удлинении 300 %, МПа	Условная прочность при растяжении, МПа	Относительное удлинение при разрыве, %
	не более 6,4	не менее 12,5	не более 800
Серийная боковина	6,0	15,0	620
С введением натурального каучука	6,4	15,7	590

Таблица 3 – Результаты стендовых испытаний шин

Table 3 – Results of bench tests of tires

Конструкция шин	Ходимость на стенде, км	Разрушение
Серийная	3660	Трещины по грунтозацепам
Доработанная	3940	Трещины по боковине

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании проведенных стендовых лабораторных испытаний и показателей физико-механических свойств корда и резиновых смесей установлено:

- повышение износостойкости резиновых смесей за счет снижения регенерата и повышения массовой доли каучуков СКИ-3 и СКД;
- повышение работоспособности боковины на деформацию за счет введения натуральных каучуков в резиновую смесь боковины;
- повышение прочности каркаса за счет замены капроновых кордов анидными.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Патент 2210498С1 Российская Федерация. Способ вулканизации покрышек / В.А. Тютин, В.В. Вербас, А.А. Яценко, Ю.К. Тараненко. Заяв.06.03.2002, Оpubл. 20.08.2003.

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

Статья поступила в редакцию 28.03.2022; одобрена после рецензирования 26.05.2022; принята к публикации 31.05.2022.

The article was received by the editorial board on 28 Mar 22; approved after reviewing on 26 May 22; accepted for publication on 31 May 22.

2. Патент 2096175 Российская Федерация В29С 35/04 Способ вулканизации покрышек пневматических / А.Л. Аветисян. Заяв.12.09.1996. Оpubл.20.11.1997

3. Большой справочник резинщика. Часть 1. Каучуки и ингредиенты / Резниченко С.В., Морозов Ю.Л. М.: Техинформ, 2012. 735 с.

4. Шмурак И. Л. Шинный корд и технология его обработки: учеб. пособие. М.: Научно-технический центр «НИИШП», 2007. 220 с.

5. Технологический регламент ООО «НОРТЕК» № ТР 371 ш., 2013.

Информация об авторах

М. В. Вододохова – ведущий инженер-конструктор ООО «НОРТЕК».

И. Н. Стрельцов – главный конструктор ООО «НОРТЕК», тел. 89635701486.

А. А. Беушев – кандидат химических наук, доцент кафедры «Химическая технология» Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова.

REFERENCES

1. Tyutin, V.A., Verbas, V.V., Yatsenko, A.A. & Taranenko, Yu.K. (2003). Method of vulcanization of tires. *Patent 2210498C1 Russian Federation, publ. 20.08.2003.* (In Russ.).

2. Avetisyan, A.L..(1996). Method of vulcanization of pneumatic tires. *Patent 2096175 Russian Federation, publ.20.11.1997.* (In Russ.).

3. Reznichenko, S.V. & Morozov, Y.L. (2012). *A large guide of the rubber band. Part 1. Rubbers and ingredients.* Moscow: Techinform. (In Russ.).

4. Shmurak, I. L. (2007). *Tire cord and its processing technology: textbook. manual.* Moscow: Scientific and Technical Center "NIISHP". (In Russ.).

5. Technological regulations of LLC "Nortek". (2013). TR 371 sh.(In Russ.).

Information about the authors

M. V. Vododokhova, Leading design engineer of LLC "NORTEK".

I. N. Streltsov, Chief designer of LLC "NORTEK", tel. 89635701486.

A. A. Beushev, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor of the Department of Chemical Technology Polzunov Altai State Technical University.



Научная статья
05.17.06 – Технология и переработка полимеров и композитов (технические науки)
УДК 678

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.02.022



ВНЕДРЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ FLEXIBLE SIDEWALL

Иван Николаевич Стрельцов ¹, Александр Анатольевич Беушев ²

¹ ООО «НОРТЕК», г. Барнаул, Россия

² Алтайский государственный технический университет им. Ползунова, г. Барнаул, Россия

¹ user0118@nortec-tyres.com

² baa7@list.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0233-3805>

Аннотация. Российская Федерация в целом и Алтайский край в частности являются агропромышленным комплексом, для которого имеют крупное значение работы, проведенные в части повышения уровня урожая. С целью снижения давления шин на грунт на ООО «НОРТЕК» была разработана и внедрена технология Flexible sidewall. В ходе работы был выполнен анализ внешних характеристик, состава шины, а также воздействия ее поверхности на грунт. Благодаря изменению конструкции и составу резиновых смесей удалось снизить давление эксплуатации в шине до 0,8 кгс/см², увеличив при этом пятно контакта. Особое внимание в исследовании уделено распределению материала в шине, что повлияло на дальнейшие характеристики и показатели. Результаты данного исследования в дальнейшем будут применены для линейки крупногабаритных сельскохозяйственных шин производства ООО «НОРТЕК». Шина 710/70R38 FS, произведенная по технологии Flexible sidewall, прошла испытания и доработки в несколько стадий, после чего шина смогла быть наиболее конкурентоспособной зарубежным аналогам.

Работа будет полезна как специалистам по производству резиновых материалов, студентам, преподавателям химических специальностей, так и кругу читателей, интересующихся современным производством шин и перспективами сельскохозяйственной промышленности.

Ключевые слова: натуральный каучук, давление на грунт, технология Flexible Sidewall, пятно контакта, КГШ шины, деталь каркаса.

Для цитирования: Стрельцов, И. Н., Беушев, А. А. Внедрение технологии Flexible Sidewall // Ползуновский вестник. 2022. № 2. С. 157 – 160. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.02.022. EDN: <https://elibrary.ru/qdbyph>.

Original article

IMPLEMENTATION OF FLEXIBLE SIDEWALL TECHNOLOGY

Ivan N. Streltsov ¹, Alexander A. Beushev ²

¹ LLC "NORTEC", Barnaul, Russia

² Polzunov Altai State Technical University, Barnaul, Russia

¹ user0118@nortec-tyres.com

² baa7@list.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0233-3805>

Abstract: Studies on increasing the level of yield have the great importance for the Russian Federation as a whole and the Altai Territory in particular as for the agro-industrial complex. LLC "NORTEC" developed and implemented the Flexible sidewall technology in order to reduce tire pressure on the ground. An analysis of the external characteristics, composition of the tire, as well as the impact of its surface on the ground was carried out. It was possible to reduce the operating pressure in the tire to 0.8 kgf / cm², while increasing the contact patch because of change in the design and composition of rubber compounds. Particular attention in the study was paid to the distribution of material in the tire, which influenced further characteristics and performance. The results of these studies will be further applied to the line of large-sized agricultural tires manufactured by Nortek LLC. The tire 710/70R38 FS, produced using the Flexible sidewall technology, was tested and improved in several stages, after which the tire could be the most competitive with foreign analogues.

The article will be useful both to specialists in the production of rubber materials, students, teachers of chemical specialties and to a circle of readers, interested in modern tire production and the prospects for the agricultural industry.

Keywords: natural rubber, ground pressure, Flexible Sidewall technology, contact patch, CG tires, carcass detail.

For citation: Streltsov, I. N. & Beushev, A. A. (2022). Implementation of Flexible Sidewall Technology. *Polzunovskiy vestnik*, (2), 157-160. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.02.022.

ВВЕДЕНИЕ

Со времен изобретения колеса и шины как таковой прошло много времени. И с каждым днем это изобретение все плотнее и глубже проникало в нашу жизнь и становилось её неотъемлемой частью.

Шинная индустрия, как и развитие техники, не стоит на месте. Любое усовершенствование техники, увеличение её грузоподъемности или мощности приводит к необходимости увеличивать и основные технические и эксплуатационные характеристики шины. Так, след в след, шина и развивается вместе с прогрессом техники.

Целью данной работы является усовершенствование конструкции и потребительских характеристик сельскохозяйственной шины 710/70R38 за счет внедрения технологии Flexible sidewall на производственной площадке ООО «НОРТЕК».

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Сегодня шина 710/70R38 FS является лидером на рынке крупногабаритных сельскохозяйственных шин. Она применяется на тракторах отечественного производства таких компаний, как АО «ПТЗ» и ООО «КЗ «Ростсельмаш».

Российская Федерация в целом и Алтайский край в частности являются агропромышленным комплексом.

Компания ООО «НОРТЕК» является одним из лидеров производства шин в России, в том числе сельскохозяйственных.

В настоящее время на ООО «НОРТЕК» с целью повышения производительности шинных комбинатов за счет снижения времени вулканизации произведена замена перегретой воды на пар. Снижение времени вулканизации за счет замены теплоносителей доказаны многими исследователями [1, 2].

Доработка конструкции шины была начата с целью повышения урожайности за

счёт снижения давления на грунт путем увеличения пятна контакта. Для этого требуется работа шины на сниженном давлении, т. е. шина должна работать как трак (от английского track – «гусеница»).

Решением данной задачи стало применение в боковине шины (наиболее деформируемой и эластичной части шины) натурального каучука вместо синтетического. Это позволило снижать давление в шине при полевых работах до 1 атм., не нанося каркасу шины (резинокордной оболочке) критических повреждений. Естественно, от этого увеличивается пятно контакта и снижается давление на грунт [3].

Натуральный каучук хорошо зарекомендовал себя, он позволяет многократно снижать и повышать давление в шине, повышает эластичность боковины и позволяет ей демпфировать [4].

По появлению шины с такой боковиной данной технологии было дано имя FS (от английского Flexible sidewall – «гибкая боковина»).

Работы по изготовлению шин производились согласно «Технологическому регламенту ООО «НОРТЕК» [5].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Шина успешно прошла стендовые и ЛДИ (лабораторно-дорожные) испытания и сейчас активно реализуется потребителю.

Сравнительный анализ физико-механических показателей и стендовых испытаний приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнение физико-механических показателей резиновой смеси боковины и стендовых испытаний

Table 1 – Comparison of physical and mechanical parameters of the rubber compound sidewalls and bench tests

Наименование показателя	710/70R38 FS	710/70R38
Условное напряжение при удлинении 300 %, МПа	6,4	6,4
Условная прочность при растяжении, МПа	16,5	15,7
Относительное удлинение при разрыве, %	620	590
Ходимость на стендах, км	8200	4640

Однако на этом команда конструкторов ООО «НОРТЕК» не остановилась и пошла дальше – следующей задачей было усиление бортовой зоны, т. к. изменение состава резиновой смеси боковины увеличило нагрузку на жёсткий борт.

Для достижения этой цели была изменена конструкция шины в части увеличения ширины борта. Было увеличено резиносодержание борта с целью усиления плотности посадки шины на обод для исключения негерметичности бескамерной шины и её проворота относительно обода.

Увеличение ширины было выполнено путем доработки вулканизационной оснастки, естественно, с предварительным расчётом необходимой ширины.

Этот шаг также был проверен испытаниями шины на стенде и в поле, непосредственно на технике при выполнении привычных работ.

Увеличение ширины борта дало возможность ввести в бортовую зону дополнительную резиновую деталь из специальной жесткой резины, которая полностью оборачивает борт.

В результате проведенных исследований была получена шина нового поколения, которая не только отвечает всем требованиям потребителей, но и в сегодняшней геополитической обстановке заменила зарубежные аналоги. Сравнительная таблица шины ООО «НОРТЕК» и шины производства TRELLEBORG приведена ниже.

Таблица 2 – Сравнение физико-механических показателей резиновой смеси боковины и стендовых испытаний шин ООО «НОРТЕК» и TRELLEBORG

Table 2 – Comparison of physical and mechanical parameters of the rubber compound of the sidewall and bench tests of tires of LLC "NORTEK" and TRELLEBORG

Наименование показателя	ООО «Нортек»	TRELLEBORG
Условное напряжение при удлинении 300 %, МПа	6,4	8,1
Условная прочность при растяжении, МПа	15,7	15,7
Относительное удлинение при разрыве, %	590	480
Ходимость на стендах, км	8200	8040

ВЫВОДЫ

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

- Внедрение технологии Flexible sidewall позволило повысить ходимость шин 710/70R38 FS в 2 раза относительно шин 710/70R38;

- Конструкция и ходимость шин соответствует ведущим европейским фирмам;

- Внедрение детали каркаса позволило получить плотную посадку шин на обод;

- Внедрение боковин из натурального каучука позволило эксплуатировать шины на давлении 0,8 кгс/см².

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Патент 2210498С1 Российская Федерация. Способ вулканизации покрышек / В.А. Тютин, В.В. Вербас, А.А. Яценко, Ю.К. Тараненко. Заяв.06.03.2002, Оpubл. 20.08.2003.

2. Патент 2096175 Российская Федерация В29С 35/04 Способ вулканизации покрышек пневматических / А. Л. Аветисян. Заяв.12.09.1996. Оpubл.20.11.1997.

3. Работа автомобильной шины : книга / Кнороз В.И., Клеников Е.В., Шелухин А.С., Юрьев Ю.М. М. : Издательство «Транспорт», 1976. 238 с.

4. Большой справочник резинщика. Часть 1. Каучуки и ингредиенты / Резниченко С.В., Морозов Ю.Л. М. : Техинформ, 2012. 735 с.

5. Технологический регламент ООО «НОРТЕК» № ТР 371 ш., 2013.

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

Статья поступила в редакцию 28.03.2022; одобрена после рецензирования 26.05.2022; принята к публикации 31.05.2022.

The article was received by the editorial board on 28 Mar 22; approved after reviewing on 26 May 22; accepted for publication on 31 May 22.

Информация об авторах

И. Н. Стрельцов – главный конструктор ООО «НОРТЕК», тел. 89635701486.

А. А. Беушев – кандидат химических наук, доцент кафедры «Химическая технология» Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова.

REFERENCES

1. Tyutin, V.A., Verbas, V.V., Yatsenko, A.A. & Taranenko, Yu.K. (2003). Method of vulcanization of tires. *Patent 2210498C1 Russian Federation, publ. 20.08.2003.* (In Russ.).

2. Avetisyan, A.L..(1996). Method of vulcanization of pneumatic tires. *Patent 2096175 Russian Federation, publ.20.11.1997.* (In Russ.).

3. Knoroz, V.I., Klennikov, E.V., Shelukhin, A.S. & Yuryev, Y.M. (1976). The work of a car tire : a book / M. : Publishing house "Transport", 1976. 238 p.

4. Reznichenko, S.V. & Morozov, Y.L. (2012). *A large guide of the rubber band. Part 1. Rubbers and ingredients.* Moscow: Techinform. (In Russ.).

5. Technological regulations of LLC "Nortek". (2013). TR 371 sh.(In Russ.).

Information about the authors

I. N. Streltsov, Chief designer of LLC "NORTEK", tel. 89635701486.

A. A. Beushev, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor of the Department of Chemical Technology Polzunov Altai State Technical University.

АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

<i>Агеевко Д. Д.</i>	42	<i>Кокшаров А. А.</i>	82
<i>Анискина А. А.</i>	57	<i>Колесниченко М. Н.</i>	74
<i>Аугсткалн А. И.</i>	139	<i>Конева С. И.</i>	51, 90
<i>Ахметзянова И. И.</i>	36	<i>Кормина Л. А.</i>	117
<i>Беушев А. А.</i>	153, 157	<i>Кошкин Г. А.</i>	129
<i>Васинкина Е. Ю.</i>	102	<i>Кустова И. А.</i>	36, 97
<i>Власов А. В.</i>	129	<i>Лазарева Т. Н.</i>	7
<i>Вододохова М. В.</i>	153	<i>Мадышев И. Н.</i>	108
<i>Войтенко О.С.</i>	36	<i>Маюрникова Л. А.</i>	82
<i>Воршулова К. В.</i>	36	<i>Медведева К. А.</i>	15
<i>Гайдукова А. А.</i>	97	<i>Мелёшкина Л. Е.</i>	28
<i>Гальченко А А</i>	36	<i>Мозговой Н.И.</i>	145
<i>Гильдерман Д. Д.</i>	20	<i>Моисеева К. С.</i>	108
<i>Горников Н. В.</i>	82	<i>Николенко М. В.</i>	65
<i>Гришкова А. В.</i>	20	<i>Новоженков В. А.</i>	122
<i>Грушин Р. В.</i>	74	<i>Новоселов С. В.</i>	82
<i>Губаненко Г. А.</i>	57	<i>Окопная О. В.</i>	97
<i>Гурьев М. А.</i>	139	<i>Петкович А. И.</i>	82
<i>Дворяткина И. Б.</i>	74	<i>Попов В. Г.</i>	65
<i>Ерболатов А. Е.</i>	139	<i>Поповичева Н. Н.</i>	7
<i>Жучков С. А.</i>	7	<i>Резниченко И. Ю.</i>	42
<i>Зайцева Д. С.</i>	117	<i>Речкина Е. А.</i>	57
<i>Запотылько Н. Р.</i>	129	<i>Рошколаева А. Б.</i>	122
<i>Затонская Л. В.</i>	122	<i>Савина П. А.</i>	36
<i>Захарова А. С.</i>	90	<i>Смагин В. П.</i>	122
<i>Зинуров В. Э.</i>	108	<i>Снегирева А. В.</i>	28
<i>Золотухина Н. С.</i>	15	<i>Степанов В. Е.</i>	145
<i>Иванов С. Г.</i>	139	<i>Стрельцов И. Н.</i>	153, 157
<i>Кадыкова Ю. А.</i>	102	<i>Стручева Н. Е.</i>	122
<i>Калганова С. Г.</i>	102	<i>Стурова Ю. Г.</i>	20
<i>Катков А. А.</i>	129	<i>Тригуб В. В.</i>	65
<i>Каюмова А. А.</i>	108	<i>Черемных Д. А.</i>	57
<i>Кикот В. В.</i>	129	<i>Щеглов М. С.</i>	42
<i>Киреева О. С.</i>	7	<i>Щетинин М. П.</i>	15
<i>Киселева О. В.</i>	57	<i>Щетинина Е. М.</i>	15
<i>Ковалева О. А.</i>	7	<i>Яковлева С. Ю.</i>	65

RETRACTED

Редакцией журнала «Ползуновский вестник» было проведено расследование по дублирующим публикациям. Выполнена тотальная сверка всех статей, опубликованных в журнале «Ползуновский вестник» со статьями в других журналах. По факту было выявлено пять случаев, когда статьи были опубликованы в журнале «Ползуновский вестник» с одновременной и более поздней публикацией в других журналах. В связи с этим было проведено online собрание редколлегии журнала и принято решение о ретракции дублирующих научных статей из журнала «Ползуновский вестник».

Таблица 1 - Сведения о ретрагированных научных статьях

Table 1 - Information about the retracted scientific articles

№	ФИО авторов, название статьи	Название издания и полные выходные данные
1	Уразбеков Е И, Гольдштейн А Е. Устройство размагничивания длинномерных цилиндрических изделий	Ползуновский вестник №4 (Т.2), С.94-97, 2016 г.
2	Протопопов А.В., Бобровская С.А., Ворошилова А.В., Клевцова М.В Сложные эфиры целлюлозы с ароматическими оксикислотами из плодовой оболочки овса	Ползуновский вестник №2, С.171-176, 2016 г.
3	Шельмина Е. А., Боровской И. Г. Анализ производительности современных настольных и клиент-серверных СУБД	Ползуновский вестник №3, С.81-84, 2017 г.
4	Папин А.В., Игнатова А.Ю., Злобина Е.С. Применение метода масляной агломерации для переработки твердых углеродсодержащих отходов	Ползуновский вестник №.2, С.163-166, 2016 г.
5	Скрябин М. Л., Смехова И. Н. Этапы формирования пористых структур при микродуговом окислении поршневых алюминиевых сплавов	Ползуновский вестник №4, С.192-196, 2017 г.

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 приводится 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, ccvictory@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6597-0492>

⁵ Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова, Москва, Россия, ccvictory@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, аргонная 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.

Original article

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; mнемocode 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 (количественные формы), 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

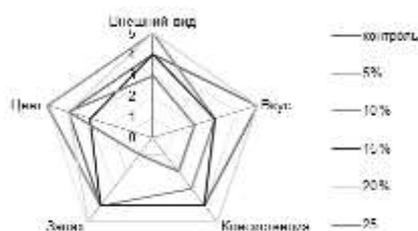


Рисунок 1 – Профиллограмма органолептической оценки

Figure 1-Organoleptic evaluation profile

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Скурихин И.М. Тютельян 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.

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.

*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.

Подписано в печать 10.06.2022. Формат 60×84 1/8. Печать цифровая.
Усл. п. л. 19,29. Тираж 200 экз. Заказ 2022 – 7.
Отпечатано в типографии АлтГТУ им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, пр-т Ленина, 46

АлтГТУ им. И.И. Ползунова
656038 г. Барнаул, пр-т Ленина, 46, каб. 113а главного корпуса
тел. +7 (3852) 29-09-46
сайт: <https://ojs.altstu.ru/index.php/PolzVest/>
e-mail: polz_journal@mail.ru
Дизайн обложки: Р.С. Жуковский, доцент кафедры ТИАрх