



ПОЛЗУНОВСКИЙ ВЕСТНИК

ISSN 2072-8921

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

№ 1

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

№ 1 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 31.03.2022 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 Iliyosov**, 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 31.03.2022



СОДЕРЖАНИЕ

РАЗДЕЛ 1. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

<i>С. С. Кузьмина, Л. А. Козубаева</i> Реологическое поведение теста из смеси пшеничной и ореховой муки7	<i>М. С. Воронина, А. Н. Гуляева, Д. И. Нистерюк, Э. Н. Шляпникова</i> Разработка рецептуры и анализ свойств мороженого с добавлением пива 67
<i>С. А. Письменный, А. А. Варивода</i> Разработка технологии эмульсионных продуктов с белково-углеводной композицией.....15	<i>Г. В. Гуринович, В. А. Хренов, И. С. Патракова</i> Сравнительная оценка качества говядины в зависимости от условий созревания..... 73
<i>З. А. Бочкарева, О. Н. Пчелинцева, К. Н. Белякова, С. К. Сагандыкова</i> Сравнительная оценка показателей ржаного хлеба на заквасках спонтанного брожения23	<i>О. В. Кольтюгина, Е. Г. Никифорова</i> Статистическая обработка результатов органолептической оценки мягкого комбинированного сыра 79
<i>Ю. И. Белянинова, А. А. Варивода</i> Исследование показателей качества сметанно-растительных соусов31	<i>М. В. Чубарова, О. А. Орловцева, С. Н. Тефилова</i> Разработка рецептуры сахарного печенья для потребителей с предрасположенностью к возрастной макулярной дегенерации 86
<i>А. В. Борисова, А. Н. Иванова, Н. В. Чикова, Е. О. Бурлак</i> Разработка мороженого из различных видов молока с повышенным содержанием витамина С39	<i>В. В. Горшков, Е. И. Машкина, Е. М. Щетинина</i> Повышение качества пантов использованием разных способов их консервирования 95
<i>Н. Д. Родина, А. П. Симоненкова, Е. Н. Демина, Е. Ю. Сергеева</i> Скрещивание черно-пестрой породы коров – как способ улучшения технологических характеристик молока-сырья47	<i>И. Ю. Резниченко, Н. В. Астахова, А. М. Маликова</i> Диаграмма связей в сравнительной оценке качества безалкогольных тонизирующих напитков 100
<i>М. П. Щетинин, Н. С. Золотухина, Е. М. Щетинина</i> Перспективы использования продуктов переработки злаковых культур в производстве молокосодержащего продукта с заменителем молочного жира, произведенного по технологии плавленого сыра55	<i>Е. В. Бояршинова</i> Технология производства и контроль качества заварных медовых пряников с добавлением черемуховой муки 109
<i>В. Н. Гетманец</i> Перспективы использования тыквы в молочной промышленности..... 60	

РАЗДЕЛ 2. ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ, НАУКИ О МАТЕРИАЛАХ, МЕТАЛЛУРГИЯ

<i>Н. Н. Сафронов, Л. Р. Харисов, М. Р. Фазлыев</i> Формирование лигатуры на основе системы AL-TI-B электрошлаковым процессом с привлечением дисперсных отходов машиностроения118	<i>И. Н. Ганиев, Х. М. Ходжаназаров, Ф. К. Ходжаев</i> Потенциодинамическое исследование свинцового баббита БТ (PbSb15Sn10), с натрием, в среде электролита NaCl 126
--	---

С. В. Морозов, С. В. Ананьин

Влияние модификации поверхности углеродных волокон на физико-механические характеристики углепластиков.....134

Г. А. Кошкин, Ч. Г. Пак, А. Е. Розен, В. В. Кикот

Получение и исследование пьезоэлектрического композита в системе «цирконат-титанат свинца–ортофосфорная кислота».....139

Н. Н. Минакова

Оценка вклада агломерированного компонента в формирование электропроводности наполненных полимеров по сравнительным характеристикам микрофотографий структуры 147

И. С. Макаров, А. А. Дьяконов, Н. Н. Петрова, А. А. Охлопкова, Н. Н. Лазарева, А. К. Кычкин, А. А. Кычкин, А. Г. Туисов, П. В. Винокуров, Н. П. Гладкина

Исследование влияния технического углерода на свойства изопреновых эластомеров 154

АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ 164

CONTENTS

SECTION 1. FOOD TECHNOLOGY

<i>S. S. Kuzmina, L. A. Kozubaeva</i> Rheological behavior of dough made from a mixture of wheat and nut flour7	<i>V. N. Getmanets</i> Prospects for using pumpkin in the dairy industry 60
<i>S. A. Pismenny, A. A. Varivoda</i> Development of technology of emulsion products with protein and carbohydrate composition15	<i>M. S. Voronina, A. N. Gulyaeva, D. I. Nisteryuk, E. N. Shlyapnikova</i> Formulation development and analysis of the properties of ice cream with the addition of beer 67
<i>Z. A. Bochkareva, O. N. Pchelintseva, K. N. Belyakova, S. K. Sagandykova</i> Comparative assessment of rye bread on spontaneous fermentation leavens23	<i>G. V. Gurinovich, V. A. Khrenov, I. S. Patrakova</i> Comparative evaluation of beef quality depending on the aging conditions 73
<i>Yu. I. Belyaninova, A. A. Varivoda</i> Research of quality indicators of sour cream and vegetable sauces31	<i>O. V. Koltyugina, E. G. Nikiforova</i> Statistical processing results of organoleptic evaluation soft combined cheese 79
<i>A. V. Borisova, A. N. Ivanova, N. V. Chikova, E. O. Burlak</i> Ice cream from different types of milk with vitamin C39	<i>M. V. Chubarova, O. A. Orlovtseva, S. N. Tefikova</i> Development of a sugar cookies formula for consumers with a predisposition to age-based macular degeneration 86
<i>N. D. Rodina, A. P. Simonenkova, E. N. Demina, E. Y. Sergeeva</i> Relationship between the technological characteristics of different breeds of cows and the quality of raw milk47	<i>V. V. Gorshkov, E. I. Mashkina, E. M. Shchetinina</i> Increasing the quality of pants by using different ways of their preservation 95
<i>M. P. Shchetinin, N. S. Zolotukhina, E. M. Shchetinina</i> Prospects of using cereal crops processing products in production of a milk-soft product with a milk fat substitute produced by produced cheese technology55	<i>I. Yu. Reznichenko, N. V. Astahova, A. M. Malikova</i> Relationship diagram in a comparative assessment of the quality of soft toning drinks 100
	<i>E. V. Boyarshinova</i> Production technology and quality control custard honey cakes with the addition of cherry flour 109

SECTION 2. CHEMICAL TECHNOLOGIES, MATERIALS SCIENCES, METALLURGY

<i>N. N. Safronov, L. R. Kharisov, M. R. Fazliyev</i> Addition alloy formation based on the Al-Ti-B system by an electroslag process using dispersed mechanical engineering waste 118	<i>S. V. Morozov, S. V. Ananyin</i> The effect of modification of the carbon fiber surface on the physical and mechanical characteristics of carbon fiber plastics 134
<i>I. N. Ganiev, Kh. M. Khodjanazarov, F. K. Khodjaev</i> Potentiodynamic study of lead babbita BT (PbSb15Sn10), with sodium, in the medium of electro-lyte NaCl126	<i>G. A. Koshkin, Ch. Gen Pak, A. Ye. Rozen, V. V. Kikot</i> Obtaining and investigation of piezoelectric composite consisting of lead zirconate-titanate and orthophosphoric acid 139

N. N. Minakova

Evaluation of the contribution of the agglomerated component to the formation of the electrical conductivity of filled polymers according to comparative characteristics microphotography of the structure 147

I. S. Makarov, A. A. Dyakonov, N. N. Petrova, A. A. Okhlopkova, N. N. Lazareva, A. K. Kychkin, A. A. Kychkin, A. G. Tuisov, P. V. Vinokurov, N. P. Gladkina

Study of the influence of technical carbon on the properties of isoprene elastomers 154

AUTHOR'S INDEX 164



РАЗДЕЛ 1. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

Научная статья

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

УДК 664.64.016

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.01.001

РЕОЛОГИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНИЕ ТЕСТА ИЗ СМЕСИ ПШЕНИЧНОЙ И ОРЕХОВОЙ МУКИ

Светлана Сергеевна Кузьмина¹, Людмила Алексеевна Козубаева²

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

¹ svetlana.politeh@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0302-867X>

² cosubaeva@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5131-4654>

Аннотация. Мука из ореха грецкого – вторичный продукт переработки орехов при извлечении масла прессовым способом, несомненно, является ценным сырьем в производстве хлебобулочных изделий. Использование ореховой муки, содержащей 24 % жира, 14,7 % белка, 8,63 % углеводов, отразится на вязко-упругости, пластичности и других физико-механических показателях теста. В связи с этим целью работы явилось исследование технологических и реологических свойств теста из смесей пшеничной и ореховой муки. Содержание муки из ореха грецкого в смесях составляло 0 % – 15 %. Установлено, что замена части пшеничной муки на ореховую не оказала влияния на водопоглотительную способность смесей за счет значительного присутствия в муке из ореха грецкого клетчатки, нивелирующей частичную потерю клейковинообразующих белков. Следует отметить, что внесение 10 % и 15 % ореховой муки привело к получению крошащейся «не отмывающейся» клейковины на фоне снижения количественного её содержания. При анализе фаринограмм и фаринографических параметров отмечено сокращение времени образования и снижение степени разжижения теста из смеси пшеничной и ореховой муки, что свидетельствует об улучшении реологического поведения полуфабриката и повышении его устойчивости к нагрузкам, выраженной в стабильности вязкоупругих характеристик при стандартном механическом воздействии. Суммируя благоприятное влияние муки из ореха грецкого на реологическое поведение теста, следует заключить, что ореховую муку можно сочетать с пшеничной мукой в разных комбинациях и применять в составе сложных пищевых систем.

Ключевые слова: мука из ореха грецкого, мучная смесь, технологические свойства, реологическое поведение, фаринограф, фаринографические параметры.

Для цитирования: Кузьмина, С. С., Козубаева, Л. А. Реологическое поведение теста из смеси пшеничной и ореховой муки // Ползуновский вестник. 2022. № 1. С. 7–14. doi:10.25712/ASTU.2072-8921.2022.01.001.

Original article

RHEOLOGICAL BEHAVIOR OF DOUGH FROM MIXTURE OF WHEAT AND NUT FLOUR

Svetlana S. Kuzmina¹, Ludmila A. Kozubaeva²

^{1,2} Polzunov Altai State Technical University, Barnaul, Russia

¹ svetlana.politeh@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0302-867X>

² cosubaeva@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5131-4654>

© Кузьмина, С. С., Козубаева, Л. А., 2022

Abstract. Walnut flour – a secondary product of nut processing when extracting oil by pressing is undoubtedly a valuable raw material in the production of bakery products. The use of nut flour containing 24 % fat, 14.7 % protein, 8.63 % carbohydrates will undoubtedly affect the visco-elasticity, plasticity and other physical and mechanical parameters of the dough. In this regard, the purpose of the work was to study the technological and rheological properties of dough from mixtures of wheat and nut flour. The content of walnut flour in the mixtures was 0-15 %. It was found that the replacement of wheat flour with nut flour did not affect the water absorption capacity of the mixtures, but at a dosage of 10 % and 15 % led to the production of crumbling «non-washing» gluten. When analyzing the pharynograms and pharynographic parameters, a reduction in the formation time and a decrease in the degree of liquefaction of the dough from a mixture of wheat and nut flour was noted, which indicates an improvement in the rheological behavior of the semi-finished product and an increase in its resistance to loads, expressed in the stability of visco-elastic characteristics under standard mechanical action.

Keywords: walnut flour, flour mixture, technological properties, rheological behavior, farinograph, farinographic parameters.

For citation: Kuzmina, S. S. & Kozubaeva, L. A. (2022). Rheological behavior of dough from from mixture of wheat and nut flour. *Polzunovskiy vestnik*, (1), 7-14. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.01.001.

ВВЕДЕНИЕ

Богатый ассортимент мучных изделий, в том числе булочных, и перечень добавок, включаемых в рецептуру в качестве обогащающих или попросту приводящих к получению новых наименований продукции, вызывает позитивный отклик у потребителей. Грецкий орех и мука из грецкого ореха в ряду функциональных добавок занимает далеко не последнее место [1].

Сырьем для получения муки из ореха грецкого служит жмых, являющийся вторичным продуктом переработки орехов в ходе извлечения масла прессовым способом. Уникальность ореховой муки обусловлена сохранением в ее составе всех важных макро- и микронутриентов исходного сырья. Даже после извлечения высокоценного масла мука из ореха грецкого содержит до 24 % жира. Помимо этого, присутствие 14,7 % белка, 8,63 % углеводов, представленных как растворимой, так и нерастворимой фракциями пищевых волокон, широкий спектр витаминов и минеральных веществ определяет широкие возможности использования этой муки в технологии хлебобулочных изделий [2–5].

Применение муки из ореха грецкого, несомненно, будет способствовать продвижению продукции на потребительском рынке.

Объективная оценка качества пищевого сырья и полуфабрикатов имеет высокую значимость при производстве продуктов питания.

Комплексное изучение физико-механических параметров, характеризующих поведенческие особенности пищевых масс при воздействии механических нагрузок, позволит получить продукт высокого качества.

Разнообразие реологических свойств, присущих пищевому сырью, полуфабрикатам, получаемым из них, готовым продуктам диктует необходимость рассматривать целый комплекс задействованных факторов, акцентируя внимание на химическом составе сырья, интенсивности и продолжительности механического и теплового воздействия.

Комбинирование различных сочетаний технологических приемов, аспектов, особенностей сырьевых характеристик позволит предвидеть реологическое поведение пищевой системы в течение всего процесса производства, в полной мере оценить и спрогнозировать его на всех этапах приготовления хлебобулочных изделий [6] и получить готовый к употреблению продукт заранее заданного постоянного качества.

МЕТОДЫ И ОБЪЕКТЫ

Реологическое поведение теста из смеси пшеничной и ореховой муки исследовали с помощью фаринографа фирмы ООО «Брабиндер» на основе методики измерения, поэтапно представленной в ГОСТ ISO 5530-1-2013 и позволяющей использовать единообразный алгоритм исследования муки в любой лаборатории [7, 8].

Изучение технологических свойств мучных смесей проводили с применением стандартных и отраслевых методов.

В качестве объектов исследований использовали муку пшеничную хлебопекарную высшего сорта (ГОСТ 26574-2017) производства ЗАО «Алейскзернопродукт» им. С. Н. Старовойтова (Россия, Алтайский край, г. Алейск) и муку из ореха грецкого (СТО 33974444-011-ПОЛЗУНОВСКИЙ ВЕСТНИК № 1 2022

16) производства ООО «Специалист» (Россия, Алтайский край, г. Бийск).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Ключевые хлебопекарные параметры смеси оценивали по водопоглотительной способности (ВПС) и вязкоупругой характеристике теста при стандартном механическом воздействии.

Водопоглотительная способность муки в большей степени является технологическим параметром, однако именно эта характеристика оказывает решающее влияние на консистенцию и, следовательно, на реологию теста. Определяющее воздействие ВПС муки оказывает на комплексный показатель – «машинабельность» теста на линии: его готовность к формованию, проявление адгезионных свойств, формирование структуры мякиша и, как следствие, конечного объема и потребительского качества хлебобулочных изделий [9].

Вязко-упругость и пластичность характерны для высокомолекулярных синтезированных систем, состоящих из совокупности растительных полимеров: белков и крахмала. Физическая модель теста из муки и воды – это «коллоид капиллярно пористый», присущий структуре хлебопекарного теста и редко встречающийся в других системах [6].

На начальном этапе в работе изучали технологические свойства смеси из пшеничной и ореховой муки (*далее по тексту* мучная смесь), полученной путем замена части пшеничной муки высшего сорта на муку из ореха грецкого в количестве от 0 % до 15 %.

Содержание применяемой ореховой муки в смеси ограничивается наличием в продукте околоядровой пленки, удаление которой не предусмотрено в технологии переработки ореха. В результате ореховая мука обладает свойственным, слегка вязущим вкусом грецкого ореха с характерной горечью [10].

Технологические свойства смеси пшеничной и ореховой муки представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Технологические свойства смеси пшеничной и ореховой муки

Table 1 - Technological properties of a mixture of wheat and nut flour

Наименование показателя	Значение показателя			
	количество муки из ореха грецкого, %			
	0	5	10	15
Влажность, %	13,1	12,8	12,5	12,1
Кислотность, град	3,2	5,2	7,0	7,9
Количество клейковины, %	28,2	27,0	–	–
Качество клейковины, условных единиц прибора ИДК	65 (I группа)	75 (I группа)	–	–
Характеристика клейковины	Средняя (хорошая)		Неотмываемая	

На фоне закономерного изменения влажности и кислотности мучных смесей, определенных более низкой влажностью и более высокой кислотностью ореховой муки по сравнению с пшеничной, наблюдается выраженное ухудшение качественных характеристик клейковины.

Обоснованием полученных результатов является тот факт, что в белковых фракциях ореховой муки, в том числе в муке из ореха грецкого, отсутствуют клейковинообразующие соединения, являющиеся основой при формировании развитой пористой структуры хлебобулочных изделий [2–4, 11, 12].

Следует отметить, что эквивалентная замена 10 % и 15 % пшеничной муки на орехо-

вую привела к получению крошащейся клейковины, характеризующейся как «неотмываемая». При этом из исследуемых смесей не удалось отмыть необходимого для определения количества клейковины.

В процессе приготовления булочных изделий происходит ряд технологических операций, вызывающих деформацию полуфабриката на всех этапах производства.

При замесе теста осуществляется усиленное взаимодействие компонентов коллоидной системой до получения однородной гомогенной массы. Значительный вклад в структурообразование вносит вода, выступающая как рецептурный компонент и как основной растворитель.

Реологическое поведение теста напрямую зависит от присутствия влаги и формы ее связи с белками, соотношения между количеством прочно- и слабосвязанной влаги [13].

С научной позиции замес теста – это процесс структурообразования в дисперсной системе за счет взаимодействия тонкодисперсного сыпучего материала и жидких компонентов под действием механических сил [14]. Особую роль в формировании теста играют белки, претерпевающие структурные изменения, вызванные диффузией воды в частицу муки с последующим образованием в тесте губчато-сетчатой основы, обуславливающей специфические реологические свойства, присущие ей: упругость, пластичность и вязкость.

Оценку реологического поведения теста из смеси пшеничной и ореховой муки осуществляли по данным фаринограммы при достижении стандартной консистенции теста, соответствующей 500 условным единицам. При этом требуемое количество воды сопоставимо с показателем водопоглотительной способности муки.

Фаринографические параметры теста из смеси пшеничной и ореховой муки представлены в таблице 2.

Присутствие ореховой муки в смеси не оказало влияния на ВПС, значение которой сохранилось на уровне 53 %, практически соответствуя уровню ВПС пшеничной муки – 55 %.

Уменьшение доли клейковинообразующих белков в смеси оказало влияние на время образования теста, которое постепенно снижалось с возрастанием процентного содержания муки из ореха грецкого.

По сравнению с известными методиками, на фаринографе «силу» муки определяют по совокупности нескольких характеристик:

- а) стабильности / устойчивости теста;
- б) степени разжижения;

г) степени качества по фаринографу – FQN [9].

Показатель «степень качества по фаринографу» используют для получения объективной картины при сравнении результатов исследования. Оценка этого показателя осуществляется по горизонтальной оси от начала замешивания до момента, когда консистенция снизится от уровня максимальной точки середины кривой на 30 ЕФ. Существует высокая корреляция показателя качества с устойчивостью теста при замесе и степенью разжижения [8].

Сравнивая графики, полученные при испытании мучных смесей, можно объединить по группам относительно похожие по реологическому поведению образцы. В первой группе условно объединены образец муки пшеничной и смесь пшеничной и ореховой муки в соотношении 95 % : 5 %, в то время как во второй группе – относительно похожие по «силе» смесь с содержанием 10 % ореховой муки и смесь с 15 % муки из ореха грецкого.

Ориентируясь на значения стабильности / устойчивости теста, резюмируем, что смеси, условно относящиеся к первой группе, соответствуют средней по «силе» муке, а смеси, относящиеся ко второй группе, – к сильной по «силе» муке («слабая» – обычно 2–3 мин, «сильная» – 12–15 мин и больше [9]).

Таблица 2 – Фаринографические параметры теста из смеси пшеничной и ореховой муки

Table 2 - Pharynographic parameters of the dough from a mixture of wheat and nut flour

Наименование показателя	Значение показателя / Количество муки из ореха грецкого, %			
	0	5	10	15
Время образования теста, мин	3,6	2,5	1,5	1,8
Устойчивость теста к замесу, мин	4,4	7,4	14,4	18,0
Степень разжижения теста через 10 мин после старта, Е.Ф.	57	51	31	32
Степень разжижения теста через 12 мин после максимума, Е.Ф.	77	67	45	31
Степень разжижения теста через 20 мин после старта, Е.Ф.	100	78	69	51
Коэффициент качества фаринографа, мм	52	56	46	46
Водопоглотительная способность, %	55,0	53,5	53,0	52,7

РЕОЛОГИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНИЕ ТЕСТА ИЗ СМЕСИ ПШЕНИЧНОЙ И ОРЕХОВОЙ МУКИ

Такое реологическое поведение теста можно объяснить, с одной стороны, особенностями набухания частиц ореховой муки и фактом наличия в ней ненасыщенных жирных кислот (олеиновой, линолевой и линоленовой) [10], оказывающих сильное укрепляющее действие на клейковину пшеничной муки [15], а, с другой стороны, присутствие большого количества растительного жира, облегчающего растяжение структурных элементов теста – его белкового каркаса и включенных в него зерен крахмала [16].

В соответствии со стандартным методом определения качества пшеничной муки на фаринографе [8] степень разжижения теста исследуют через 10 минут после старта, через 12 минут после достижения максимума и в конце исследования, а именно через 20 минут после старта.

В ходе исследования было отмечено, что степень разжижения теста из пшеничной муки и смеси пшеничной и 5 % ореховой варьирует в диапазоне 57–51 Е.Ф., в то время как этот показатель у теста из смеси пшеничной и 10 % ореховой муки, а также пшеничной и 15 % ореховой муки держится на отметке 31–32 Е.Ф.

Снижение степени разжижения теста свидетельствует об улучшении реологического поведения теста с мукой из ореха грецкого, выраженного в стабильности вязкоупругих характеристик при стандартном механическом воздействии.

Положительное влияние ореховой муки на степень разжижения теста прослеживается как при изучении данных фаринограммы, полученных через 12 минут после достижения максимума, так и через 20 минут после старта.

Исследование реологического поведения мучных смесей важно проводить не только путем оценивания результатов исследования, но и ориентироваться на поведение кривых – фаринограмм.

Реологическое поведение теста из пшеничной и ореховой муки представлено на рисунках 1–4.

Фаринограммы, представленные на рисунках 1 и 2, демонстрируют естественную пологость кривых, характеризующую поведение обычной пшеничной муки. При этом четко прослеживаются этапы образования теста (пик максимальной консистенции в начале замешивания), стабильности теста и его разжижения вследствие фрагментируемости глютеиновых жгутиков.

Другая картина наблюдается при рассмотрении кривых, отражающих поведение теста из смесей, отнесенных ко второму варианту. Резкое снижение кривой после отметки максимальной консистенции в периоде устойчивости теста означает, что клейковинные связи быстро разрушаются.

Несомненно, этому способствовала и частичная замена в смеси пшеничной муки, обладающей клейковинообразующими белками, и относительно крупные частицы ореховой муки, требующие большего времени для набухания. Последующее снижение фаринограммы замедляется и держится примерно на одном уровне.

Такая особенность поведения кривой характерна в случаях внесения компонента, имеющего высокую набухающую способность. К такому компоненту относится мука из ореха грецкого, добавление которого в мучную смесь позволило стабилизировать тесто в период его разжижения.

Следует отметить, что наличие в ореховой муке клетчатки нивелирует отсутствие клейковинообразующих белков, что позволяет сохранять величину водопоглотительной способности (в пределах 52,7 % – 53,5 %) на одном уровне с пшеничной мукой.

Следует обратить внимание на ширину кривой, которая дает четкое представление об эластичности / растяжимости теста. Эластичность теста напрямую коррелирует с качеством хлебобулочных изделий. Чем шире кривая, тем больше оснований получить изделие хорошего объема. Рассматривая кривые, полученные при испытании теста из пшеничной муки и смеси пшеничной и 5 % ореховой муки, видим, что полоса имеет достаточную ширину в периоде устойчивости теста и к концу исследования наблюдается закономерное её сужение, свидетельствующее о потере эластичности.

Противоположное поведение прослеживается у кривых, полученных из смеси пшеничной и 10 % ореховой муки, а также из смеси пшеничной и 15 % ореховой муки. Ширина полосы в период устойчивости формируется небольшой амплитудой пера самописца прибора, свидетельствуя о недостаточной эластичности теста, и увеличение амплитуды пера практически в 2 раза отмечается на протяжении всего периода разжижения теста.

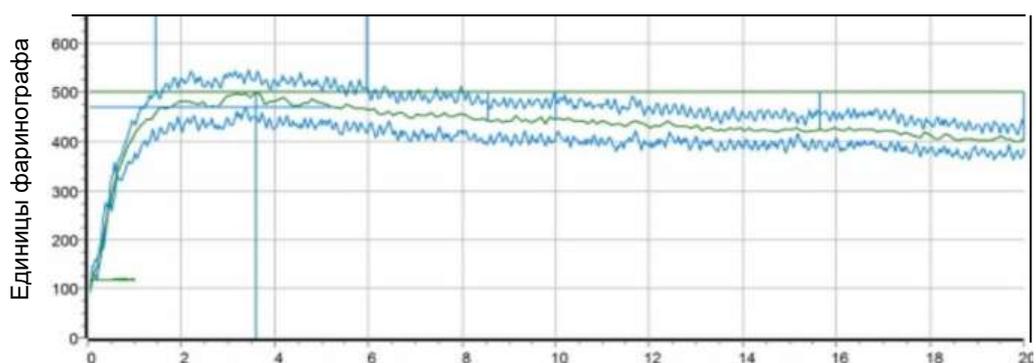


Рисунок 1 – Фаринограмма пшеничной муки высшего сорта

Figure 1 - Farinogram of wheat flour of the highest grade

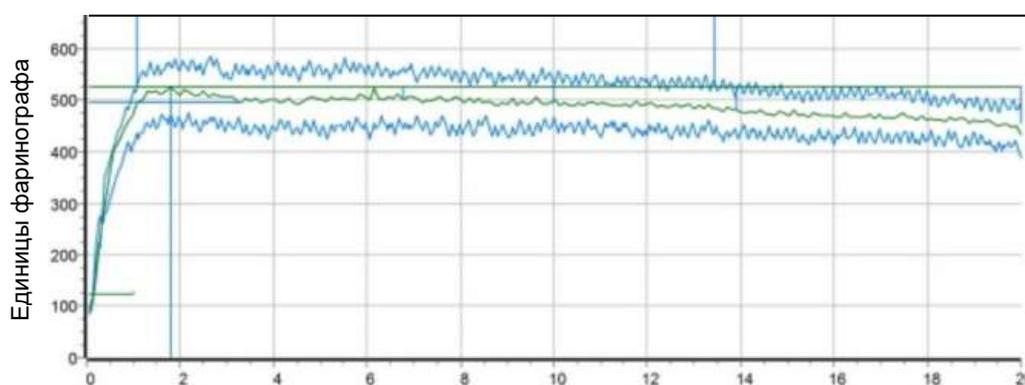


Рисунок 2 – Фаринограмма смеси пшеничной муки и 5 % муки из ореха грецкого

Figure 2 - Farinogram of a mixture of wheat flour and 5 % walnut flour

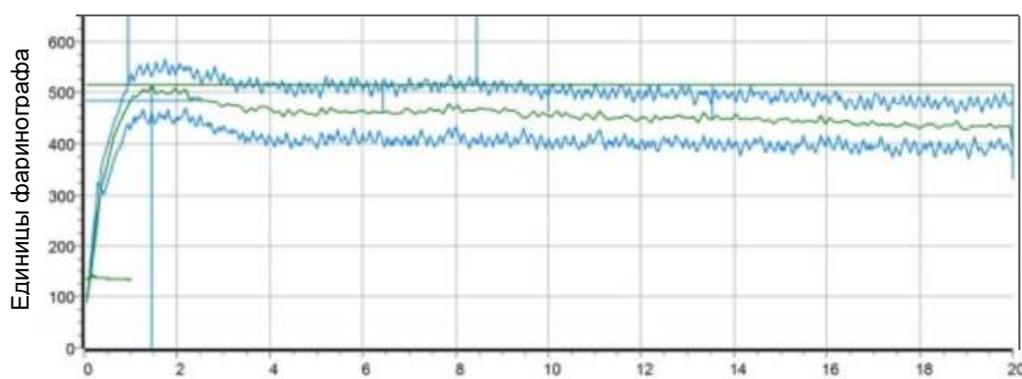


Рисунок 3 – Фаринограмма смеси пшеничной муки и 10 % муки из ореха грецкого

Figure 3 - Farinogram of a mixture of wheat flour and 10 % walnut flour

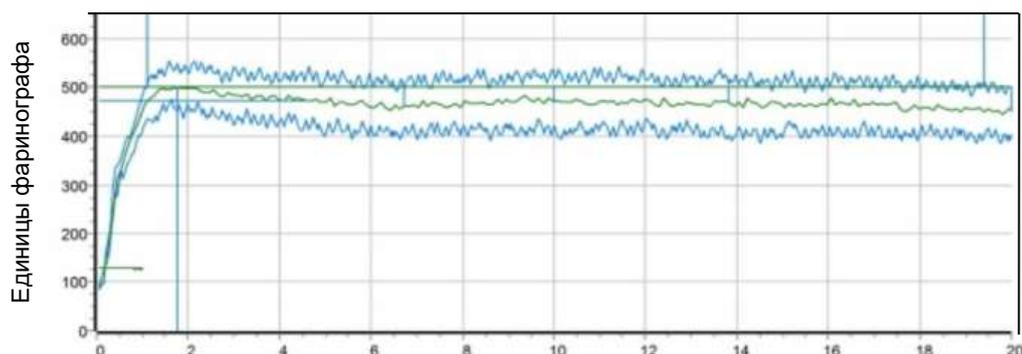


Рисунок 4 – Фаринограмма смеси пшеничной муки и 15 % муки из ореха грецкого

Figure 4 - Farinogram of a mixture of wheat flour and 15 % walnut flour

ВЫВОДЫ

Обобщая результаты исследования реологического поведения теста из смеси пшеничной и ореховой муки, можно резюмировать, что мука из ореха грецкого оказала существенное влияние на количественные и качественные показатели клейковины в изучаемых мучных смесях. Положительный эффект от присутствия в мучной смеси муки из ореха грецкого проявляется в ходе технологического процесса, способствуя:

- повышению устойчивости теста к механическим нагрузкам при замесе, нивелируя деформационные проявления;
- увеличению вязкости и эластичности, приводящие к интенсификации работы оборудования при разделке и формовании тестовых заготовок.

Суммируя благоприятное влияние муки из ореха грецкого на реологическое поведение теста, следует заключить, что ореховую муку можно сочетать с пшеничной мукой в разных комбинациях и применять в составе сложных пищевых систем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бец Ю.А., Наумова Н.Л., Минашина И.Н. Функциональные компоненты нетрадиционного сырья в рецептуре хлебобулочных изделий // *Инновации и продовольственная безопасность*. 2021. № 1(31). С. 7–13. doi: 10.31677/2072-6724-2021-31-1-7-13.
2. Naumova N.L., Kameneva K.S. & Shevieva K.V. (2020). About the possibility of modifying the recipe of «FITNESS» buckwheat bread by using walnut flour // *Современная наука и инновации*. № 2 (30). С. 66–72 (In Russ.). doi: 10.33236/2307-910X-2020-2-30-66-72.
3. Наумова Н.Л., Велисевич Е.А. Качество и пищевая ценность муки из ореха грецкого // *Modern Science*. 2021. № 10–2. С. 23–27.
4. Зайцева Т.Н., Ходакова Е.Е., Мироманова Ю.В. Физико-химические показатели теста для мучных кулинарных изделий, обогащенного мукой грецкого ореха // *Молодой ученый*. 2016. № 12 (116). С. 275–278.

5. Кузьмина С.С., Купцова Н.И. Использование муки из ореха грецкого в технологии булочных изделий // *Технологии и оборудование химической, биотехнологической и пищевой промышленности: Материалы XIV всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием, посвященной 90-летию академика Саковича Г.В.* Бийск, 2021. С. 409–412.

6. Панков Ю.В., Минухин Л.А. Имитационное моделирование цепочной структуры и реологического поведения теста системы мука–вода при силовом воздействии // *Научно-технический вестник: Технические системы в АПК*. 2020. № 1 (6). С. 28–41.

7. ГОСТ ISO 5530-1-2013 Мука пшеничная. Физические характеристики теста. Часть 1. Определение водопоглощения и реологических свойств с применением фаринографа : введ. 2014-01-01. Москва, 2019. 12 с.

8. Стандартный метод определения качества пшеничной муки на фаринографе / В.Г. Лошаков, Н.М. Личко, Ф. Эльмер, М.Ш. Бегаулов // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2002. Выпуск 4. С. 153–158.

9. Хадиулин Р. Практикум по чтению фаринограмм при исследовании параметров муки // *Кондитерское и хлебопекарное производство*. 2019. № 7–8 (182). С. 20–25.

10. Васипов В.В., Вытовтов А.А. Обоснование использования муки из жмыха грецкого ореха (*Juglans regia L.*) в рецептуре мучных кондитерских и хлебобулочных изделий специализированного назначения // *Пищевые инновации и биотехнологии: Материалы IV Международной научной конференции*. 2016. С. 42–45.

11. Современные подходы к разработке рецептур безглютеновых хлебобулочных изделий / Л.В. Зайцева [и др.] // *Вопросы питания*. 2020. Т. 89. № 1. С. 77–85. doi: 10.24411/0042-8833-2020-10009.

12. Гайсина В.А., Козубаева Л.А., Кузьмина С.С. Особенности реологических свойств теста с подсолнечной и кедровой мукой // *Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий*. 2016. № 1. С. 96–100. Doi: 10.20914/2310-1202-2016-1-96-100.

13. Коган В.В., Семенова Л.Э. Инженерная реология в пищевой промышленности // *Вестник Астра-*

ханского государственного технического университета. Серия : Рыбное хозяйство. 2019. № 4. С. 147–156. Doi: 10.24143/2073-5529-2019-4-147-156.

14. Руднев С.Д., Иванов В.В., Крюк Р.В. Совершенствование процесса структурообразования теста пшеничного // Новые технологии. 2019. Вып. 1(47). С. 149–161. Doi: 10.24411/2072-0920-2019-10115.

15. Казаков Е.Д., Кретович В.Л. Биохимия зерна и продуктов его переработки : учебник. Москва : Агропромиздат, 1989. 367 с.

16. Ауэрман Л.Я. Технология хлебопекарного производства : учебник / под общ. ред. Л.И. Пучковой. СПб. : Профессия, 2003. 416 с.

Информация об авторах

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

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

REFERENCES

1. Betz, Yu.A., Naumova, N.L. & Minashina, I.N. (2021). Functional components of non-traditional raw materials in the recipe of bakery products. *Innovations and food security*. (1 (31)). 7-13. (In Russ.). doi:10.31677/2072-6724-2021-31-1-7-13.

2. Naumova, N.L., Kameneva, K.S. & Sheviev, V.K. (2020). About the possibility of modifying the recipe of "FITNESS" buckwheat bread by using walnut flour. *Modern science and innovation*. (2 (30)). 66-72. (In Russ.).

3. Naumova, N.L. & Velisevich, E.A. (2021). Quality and food sites flour walnut. *Modern Science*. (10-2). 23-27. (In Russ.).

4. Zaytseva, T.N., Khodakova, E.E. & Miromanova, Y.V. (2016). Physico-chemical parameters of the dough for flour culinary products enriched with walnut flour. *Young scientist*. (12 (116)). 275-278. (In Russ.).

5. Kuzmina, S.S. & Kuptsova, N.I. The use of walnut flour in the technology of bakery products. *Materials of the XIV All-Russian Scientific and Practical conference of students, postgraduates and young scientists with international participation, dedicated to the 90th anniversary of Academician Sakovich G.V. «Technologies and equipment of chemical, biotechnological and the food industry»*. Biysk. (In Russ.).

6. Pankov, Y.V. & Minukhin, L.A. (2020). Simulating model of chain structure and rheological behavior of the test of the flour-water system under forced influence. *Scientific and technical journal: the Technical system in agriculture*. (1 (6)). 28-41. (In Russ.).

7. Wheat flour. Physical characteristics of the test Part 1. Determination of water absorption and rheological properties using a farinograph. (2019). ГОСТ ISO

5530-1-2013. Moscow: Standards Publishing House. (In Russ.).

8. Loshakov, V.G., Lichko, N.M., Ellmer, F. & Begeulov, M.Sh. (2002). The standard method for determining the quality of wheat flour on a farinograph. *Izvestiya Timiryazevskaya Agricultural Academy*. (4). 153-158. (In Russ.).

9. Khadiulin, R. Practicum on reading pharynograms in the study of flour parameters // Confectionery and bakery production. 2019. No. 7-8 (182). P. 20-25. (In Russ.).

10. Vasipov, V.V. & Vitovtov, A.A. Rationale for the use of flour from the cake walnut (*Juglansregia L.*) recipe flour confectionery and bakery products in specialized assignments. *Proceedings of the IV International scientific conference «Food innovation and biotechnology»*. (Ed.). Kemerovo. (In Russ.).

11. Zaytseva, L.V., Yudina, T.A., Ruban, N.V., Bessonov, V.V. & Mekhtiev, V.S. Modern approaches to the development of gluten-free bakery production // *Questions of nutrition*. (2020). Vol. 89, (1). 77-85. (In Russ.). doi: 10.24411/0042-8833-2020-10009.

12. Gaysina, V.A., Kozubaeva, L.A. & Kuzmina, S.S. Features of the rheological properties of dough with sunflower and cedar flour // *Vestnik voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tekhnologii*. [Proceedings of the Voronezh state university of engineering technologies]. 2016. (1). 96-100. (In Russ.). doi: 10.20914/2310-1202-2016-1-96-100.

13. Kogan, V.V. & Semenova, L.E. Engineering rheology in food industry / *Vestnik of the Astrakhan State Technical University. Series: Fisheries*. (2019). (4). 147-156. (In Russ.). Doi: 10.24143/2073-5529-2019-4-147-156.

14. Rudnev, S.D., Ivanov, V.V. & Kryuk, R.V. (2019). Improvement of wheat dough structuring process // *Novye tehnologii*. (1(47)). 149-161. (In Russ., English abstract). doi: 10.24411/2072-0920-2019-10115.

15. Kazakov, E.D. & Kretovich, V.L. (1989). Biochemistry of grain and its processed products: textbook. Moscow: Agropromizdat. (In Russ.).

16. Auerman, L.Ya. (2003). Technology of bakery production: textbook / under the general editorship of L.I. Puchkova. St. Petersburg: Profession. (In Russ.).

Information about the authors

S. S. Kuzmina - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Grain Storage and Processing Technology, Polzunov Altai State Technical University.

L. A. Kozubaeva - 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 26.01.2022; одобрена после рецензирования 10.02.2022; принята к публикации 28.02.2022.

The article was received by the editorial board on 26 Jan 22; approved after reviewing on 10 Feb 22; accepted for publication on 28 Feb 22.



Научная статья

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

УДК 637.146.3

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.01.002

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ЭМУЛЬСИОННЫХ ПРОДУКТОВ С БЕЛКОВО-УГЛЕВОДНОЙ КОМПОЗИЦИЕЙ

Сергей Алексеевич Письменный¹, Альбина Алексеевна Варивода²

^{1,2} Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина», Краснодар, Россия

¹ omelchenkos@list.ru

² albin2222@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5931-2119>

Аннотация. В статье исследована возможность использования белково-углеводной композиции для расширения ассортимента соусов эмульсионного типа с целью повышения их пищевой ценности.

Проанализированы тенденции рынка масложировых и соусных композиций и предложены эмульсионные продукты с оптимизированным составом при внесении в их рецептуру белково-углеводной композиции, содержащей порошок топинамбура и концентрат сывороточных белков.

Использование белково-углеводного полуфабриката в технологиях эмульсионных соусов позволит, во-первых, повысить их биологическую и пищевую ценность, обогатить продукт такими важными пищевыми нутриентами, как незаменимые аминокислоты, минеральные вещества, витамины группы В; во-вторых, обеспечить стабильность эмульсионной системы.

Проанализированы физико-химические показатели данной композиции, а также ее функционально-технологические свойства. Обоснована возможность применения белково-углеводной композиции в рецептуре эмульсионных продуктов за счет высоких стабилизирующих и эмульгирующих свойств.

Исследована зависимость стабильности систем на основе белково-углеводной композиции от pH среды и температуры эмульгирования. Установлено, что для максимальной реализации функционально-технологических свойств композиции активная кислотность среды должна находиться в пределах 4,5...6 ед, а рациональной температурой для получения стойкой эмульсии на основе композиции является температура 20...35 °С.

Обоснована возможность применения в технологии эмульсионных соусов белково-углеводного полуфабриката. Установлено, что белково-углеводный полуфабрикат имеет высокие стабилизирующие и эмульгирующие свойства.

Проведенные исследования дают возможность расширить ассортимент эмульсионной продукции, повысить ее пищевую и биологическую ценность, более полно использовать потенциал молочного и растительного сырья и позволит получить продукт с улучшенными органолептическими характеристиками и улучшенным качественным составом.

Ключевые слова: соус, белково-углеводная композиция, порошок топинамбура, эмульгирующая способность, концентрат сывороточных белков, стойкость эмульсии, молочное и растительное сырье.

Для цитирования: Письменный, С. А., Варивода, А. А. Разработка технологии эмульсионных продуктов с белково-углеводной композицией // Ползуновский вестник. 2022. № 1. С. 15–22. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.01.002.

DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY OF EMULSION PRODUCTS WITH PROTEIN AND CARBOHYDRATE COMPOSITION

Sergey A. Pismenny ¹, Albina A. Varivoda ²

^{1, 2} Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin", Krasnodar, Russia

¹ omelchenkos@list.ru

² albin2222@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5931-2119>

Abstract. *The article explores the possibility of using a protein-carbohydrate composition to expand the range of emulsion-type sauces in order to increase their nutritional value.*

Market trends in fat-and-oil and sauce compositions are analyzed and emulsion products with an optimized composition are proposed when a protein-in-carbohydrate composition containing Jerusalem artichoke powder and whey protein concentrate is added to their formulation.

The use of a protein-carbohydrate semi-finished product in the technology of emulsion sauces will, firstly, increase their biological and nutritional value, enrich the product with such important food nutrients as essential amino acids, minerals, B vitamins; secondly, to ensure the stability of the emulsion system.

The physico-chemical parameters of this composition, as well as its functional and technological properties, are analyzed. The possibility of using a protein-carbohydrate composition in the formulation of emulsion products due to high stabilizing and emulsifying properties has been substantiated.

The dependence of the stability of systems based on a protein-carbohydrate composition on the pH of the medium and the emulsification temperature has been studied. It has been established that for the maximum realization of the functional and technological properties of the composition, the active acidity of the medium should be in the range of 4.5...6 units, and the rational temperature for obtaining stable emulsions based on the composition is 20...35 °C.

The possibility of using a protein-carbohydrate semi-finished product in the technology of emulsion sauces is substantiated. It has been established that the protein-carbohydrate semi-finished product has high stabilizing and emulsifying properties.

The conducted research makes it possible to expand the range of emulsion products, increase its nutritional and biological value, more fully use the potential of dairy and vegetable raw materials and will allow to obtain a product with improved organoleptic characteristics and improved quality composition.

Keywords: *sauce, protein-carbohydrate composition, Jerusalem artichoke powder, emulsifying ability, whey protein concentrate, emulsion stability, dairy and vegetable raw materials.*

For citation: Pismenny, S. A. & Varivoda, A. A. (2022). Development of technology of emulsion products with protein and carbohydrate composition. *Polzunovskiy vestnik*, (1), 15-22. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.01.002.

ВВЕДЕНИЕ

Питание всегда было наиболее важным и устойчивым фактором внешней среды, влияющим на состояние здоровья человека. Ухудшение экологической ситуации во многих странах, среди которых и Россия, сопровождается загрязнением окружающей среды, воды и пищевых продуктов. При этом питание современного человека не в состоянии удовлетворить потребности нашего организма во многих биологически активных веществах.

Сам рацион с каждым годом становится более богатым по вкусовым свойствам, но менее сбалансированным по составу. Это предопределяет необходимость расширения ассортимента продуктов питания защитного действия, обогащенного полноценным белком, пищевыми волокнами, и веществами, которые лучше всего смогут обеспечить потребности организма [1].

Перспективными продуктами, на базе которых можно формировать функциональные свойства, являются соусы, эмульсионной

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ЭМУЛЬСИОННЫХ ПРОДУКТОВ С БЕЛКОВО-УГЛЕВОДНОЙ КОМПОЗИЦИЕЙ

структуры, являющимися высококалорийными продуктами ежедневного потребления, ассортимент которых в последнее время регулярно расширяется [2].

Анализ сложившейся ситуации на продовольственном рынке России свидетельствует, что ассортимент соусов эмульсионного типа крайне узок и преимущественно представлен соусом типа «Майонез» [2]. Производство традиционных соусов предполагает использование дорогих загустителей, эмульгаторов [1, 3].

Широкое распространение приобретают технологии эмульсионных соусов с использованием в качестве эмульгирующей и стабилизирующей составляющей растительного и вторичного молочного сырья [4]. В данной работе было предложено вносить в рецептуру белково-углеводную композицию, состоящую из порошка топинамбура и концентрата сывороточных белков в соотношении 1:1. Данная композиция, являющаяся источником многих важных пищевых веществ, может обеспечить структурообразование системы за счет содержания пектина и протопектина, а также повышение питательной ценности за счет содержания легкоусвояемых сахаров, витаминов, макро- и микроэлементов.

Молочные белки традиционно используются в качестве эмульгатора в производстве эмульсионных соусов, но казеиновый комплекс, составляющий около 80 % белков молока, применяется в эмульсионных соусах преимущественно в форме казеината натрия.

На эмульгирующую способность белков молока влияет рН среды, ионная сила раствора, предварительная технологическая обработка. Так, частичный гидролиз щелочными препаратами определенных концентраций приводит к увеличению эмульгирующих свойств молочных белков [5].

Для получения эмульсии с повышенной стойкостью, улучшенными реологическими свойствами в качестве эмульгатора и стабилизатора используют сухое обезжиренное молоко или сухую молочную сыворотку [6] и натриевую соль карбоксиметилцеллюлозы соответственно; другая технология предполагает использование молочной сыворотки и пектина [5].

Известный способ получения диетического майонеза, в котором для стабилизации эмульсии используется комплекс молочных белков с карбоксиметилцеллюлозой в количестве 4...5 % [7].

Предложена технология низкокалорийного майонеза, где в качестве эмульгаторов использованы соевые и молочные белки [8].

Данные технологии, базирующиеся на комплексном использовании молочных белков и полисахаридов, обеспечивают улучшение консистенции готового продукта и его устойчивость к расслоению в процессе хранения.

Следует отметить, что общей чертой существующих технологий является использование для образования и стабилизации эмульсионной структуры таких пищевых добавок, как пектины, карбоксиметилцеллюлозы, крахмалы, альгинаты, камеди и т.д.

Целесообразность использования молочного сырья в технологиях эмульсионной продукции обусловлена способностью молочных белков поглощать и удерживать влагу и тем самым образовывать и стабилизировать эмульсии. При этом молочное сырье используется преимущественно после выделения или концентрирования белковых веществ в виде различных концентратов молочных белков.

Как правило, в технологическом процессе производства молочно-растительных пищевых систем с дисперсной структурой потенциал функциональных свойств сырья используется в неполной мере, что и вызывает необходимость применения пищевых добавок для стабилизации структуры.

Известна технология белково-углеводного полуфабриката на основе обезжиренного молока и ягодного пюре, позволяющая получить полуфабрикат с выраженными поверхностно-активными свойствами [9, 10]. Данный продукт за счет наличия поверхностно-активного казеината натрия и стабилизирующих свойств пектина может быть использован как полуфабрикат для получения широкого ассортимента структурированной продукции без дополнительного применения структурообразующих добавок.

Использование белково-углеводного полуфабриката в технологиях эмульсионных соусов позволит, во-первых, повысить их биологическую и пищевую ценность, обогатить продукт такими важными пищевыми нутриентами, как незаменимые аминокислоты, минеральные вещества, витамины группы В; во-вторых, обеспечить стабильность эмульсионной системы.

На сегодняшний день ассортимент эмульсионных соусов является недостаточно широким, а технологий эмульсионных соусов с использованием белково-углеводной композиции не существует. Поэтому было бы целесообразным в рыночных условиях для создания конкурентоспособных технологий в дальнейших исследованиях обосновать ра-

циональные режимы и параметры процесса производства эмульсионных соусов с использованием белково-углеводной композиции, при которых он проявляет высокие эмульгирующие и стабилизирующие свойства.

Продвижение на рынок новых соусов эмульсионного типа на основе белково-углеводной композиции сдерживается недостаточным уровнем прикладных исследований, связанных, главным образом, с процессами образования устойчивых эмульсионных систем на основе белково-углеводной композиции. Это вызывает необходимость проведения исследований, направленных на поиск путей реализации функционально-технологических свойств компонентов в рецептурах соусов на основе белково-углеводной композиции.

Поэтому научное обоснование и разработка технологий эмульсионных соусов на основе белково-углеводной композиции сегодня очень актуальны.

Таблица 1 – Характеристика физико-химического состава белково-углеводной композиции

Table 1 - Characteristics of the physicochemical composition of the protein-carbohydrate composition

Наименование показателя	Содержание, %
Массовая доля влаги, не более %	4
Массовая доля жира, не менее %	5
Кислотность, Т ⁰ , не более	33
Массовая доля белка, %, не менее	55

Учитывая необходимость создания продукции, обогащенной полноценными белками, простыми углеводами, витаминами, минеральными веществами и пищевыми волокнами, можно сделать вывод, что технология эмульсионной продукции на основе белково-углеводной композиции актуальна. Исходя из этого, необходимым является определение функционально-технологических свойств белково-углеводной композиции и ее способности к образованию и стабилизации эмульсий.

В ходе экспериментальных исследований по методике, описанной выше, установлено, что при внесении 5 % белково-углеводной композиции в рецептуру эмульсионного соуса эмульгирующая способность

МЕТОДЫ

В процессе исследований использованы общепринятые стандартные методы.

Эмульгирование осуществляли на лабораторном эмульгаторе, для этого в химический стакан вместимостью 100 мл помещали исследуемый образец объемом 10 мл, а затем, добавляли масло со скоростью 78...80 капель/мин. для инверсии фаз. Тип эмульсии выявляли методом разбавления. Объем масла, который вылился из лейки, соответственно равен значению точки инверсии фаз. Устойчивость (стойкость) эмульсий определяли, фиксируя объемы фаз отделившихся после центрифугирования [1].

РЕЗУЛЬТАТЫ

Характеристика физико-химических свойств белково-углеводной композиции представлена в таблице 1.

(ЭС) составляет 99 %, а стойкость эмульсии (СЭ), измеренная после центрифугирования в течение 300 с, составляет 100 %. При этом эмульсия на основе белково-углеводной композиции является стабильной и не расслаивается, поэтому, для придания эмульсии стабильности не требуется введения в состав рецептурной смеси добавки стабилизирующего характера.

Так как технология эмульсионных соусов предполагает внесение ингредиентов, имеющих кислую среду, целесообразным является исследование влияния активной кислотности на ЭС и СЭ системы на основе белково-углеводной композиции (рисунок 1).

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ЭМУЛЬСИОННЫХ ПРОДУКТОВ
С БЕЛКОВО-УГЛЕВОДНОЙ КОМПОЗИЦИЕЙ

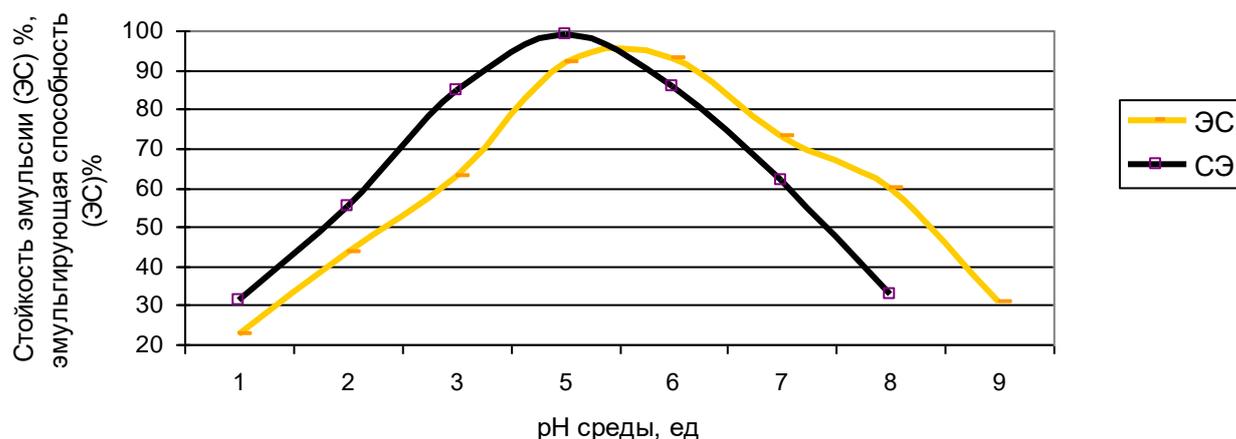


Рисунок 1 – Зависимость СЭ, ЭС системы на основе белково-углеводной композиции в зависимости от pH среды, ед.

Figure 1 - Dependence of the SE, ES systems based on the protein-carbohydrate composition depending on the pH of the medium, units.

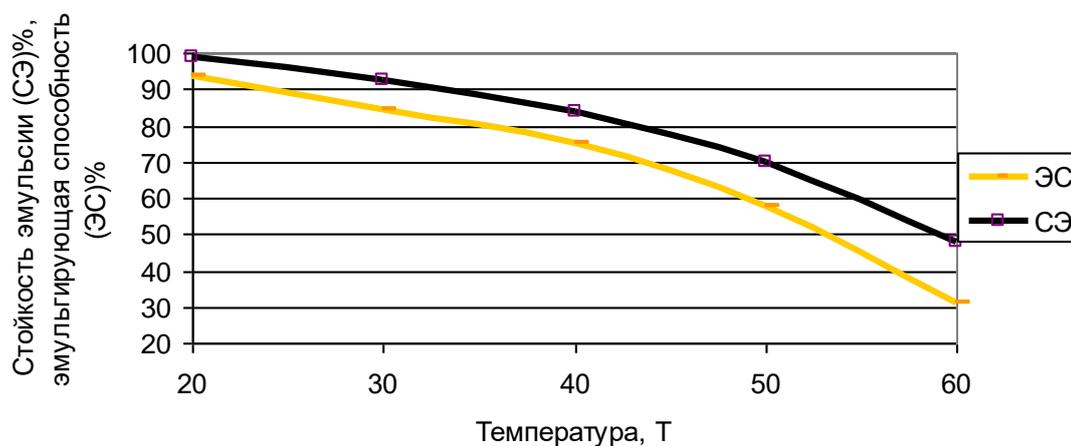


Рисунок 2 – Зависимость СЭ, ЭС системы на основе белково-углеводной композиции в зависимости от температуры, T⁰

Figure 2 - Dependence of SE, ES systems based on protein-carbohydrate composition depending on temperature, T⁰

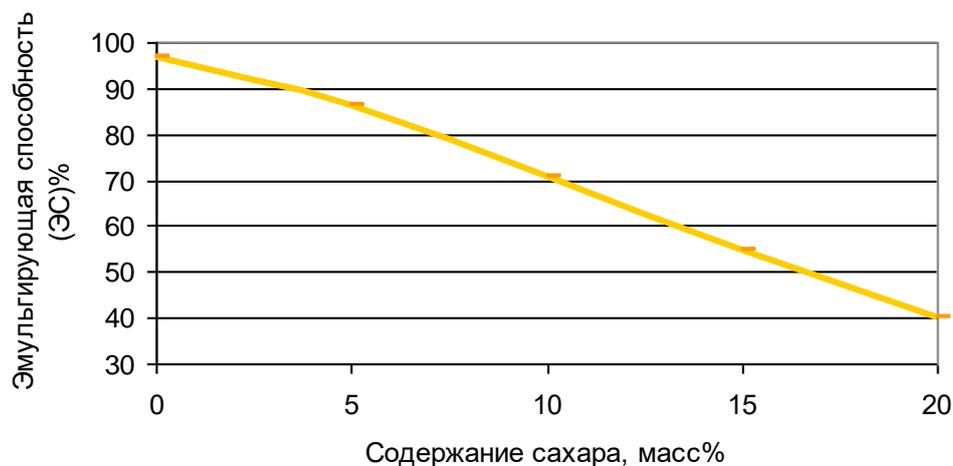


Рисунок 3 – Зависимость ЭС системы на основе белково-углеводной композиции в зависимости от содержания сахара, масс %

Figure 3 - Dependence of the ES system based on a protein-carbohydrate composition depending on the sugar content, wt %

На следующем этапе исследовали влияние температуры на эмульгирующую способность и стойкость эмульсии систем на основе белково-углеводной композиции.

Данные рисунка 2 отражают зависимость эмульгирующей способности и стойкости эмульсии систем на основе белково-углеводной композиции от температуры в интервале от 20 до 60 °С. Верхний предел тепловой обработки устанавливали температурой денатурации белков, входящих в состав белково-углеводной композиции.

Известно, что сахар способствует стабилизации дисперсных систем, поэтому на следующем этапе исследовали ЭС системы на основе белково-углеводной композиции от концентрации сахара (рисунок 3).

Учитывая особенности ингредиентного состава белково-углеводной композиции, можно предположить, что на его основе целесообразно также создавать технологии десертных эмульсионных соусов.

ОБСУЖДЕНИЕ

Установлено (рисунок 1) что, рН базовой эмульсии на основе белково-углеводной композиции составляет 5,8 ед. Отклонение рН от данного значения приводит к уменьшению структурно-механических характеристик. В кислой области рН среды, ниже 4,0, и в щелочной, при рН более 7,0, произошло ухудшение эмульгирующих и стабилизирующих

свойств белково-углеводной композиции, связанных с образованием белково-пектиновых комплексов. В щелочной области создаются условия для щелочного гидролиза веществ и денатурации белков.

Для максимальной реализации функционально-технологических свойств белково-углеводной композиции активная кислотность среды должна находиться в пределах 4,5...6 ед.

Способность системы к эмульгированию с ростом температуры остается на высоком уровне, но данные эмульсии менее устойчивы. Эмульгирующая способность остается на высоком уровне при температуре 20...35 °С, а стойкость эмульсии – при температуре 20...30 °С, поэтому рациональной температурой для получения стойкой эмульсии на основе белково-углеводной композиции является температура 20...35 °С.

Из рисунка 3 видно, что с увеличением массовой доли сахара ЭС постепенно снижается и при содержании сахара 20 % составляет 52,4 %. Это можно объяснить тем, что сахар повышает поверхностное натяжение, тем самым затрудняя процесс эмульгирования, а также дегидратирующим действием сахара, что приводит к синерезису с видимым выделением жидкости.

Также можно сделать вывод, что белково-углеводная композиция имеет высокое содержание белковых веществ и может быть использована для изготовления продукции

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ЭМУЛЬСИОННЫХ ПРОДУКТОВ С БЕЛКОВО-УГЛЕВОДНОЙ КОМПОЗИЦИЕЙ

высокой питательной ценности. В белке полуфабриката содержится 18 аминокислот, в том числе суммарное количество которых составляет 55,25 %. При этом соотношение незаменимых и заменимых аминокислот составляет 1,0:1,2, что позволяет характеризовать белково-углеводную композицию как продукт с высокой биологической ценностью. Следует отметить, что белково-углеводная композиция за счет растительной составляющей содержит 0,42 % водорастворимого пектина, который имеет высокие стабилизирующие свойства [5]. Также белково-углеводная композиция является хорошим источником водорастворимых витаминов и витамина А.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обоснована возможность применения в технологии эмульсионных соусов белково-углеводного полуфабриката. Установлено, что белково-углеводный полуфабрикат имеет высокие стабилизирующие и эмульгирующие свойства.

Определено, что концентрация сахара должна быть не более 5 % для получения стабильной эмульсии с высокими эмульгирующими свойствами.

Исследована зависимость стабильности систем на основе белково-углеводной композиции от pH среды и температуры эмульгирования. Установлено, что для максимальной реализации функционально-технологических свойств композиции активная кислотность среды должна находиться в пределах 4,5...6 ед, а рациональной температурой для получения стойкой эмульсий на основе композиции является температура 20...35 °С.

На основе проведенных теоретических и экспериментальных исследований обоснована возможность разработки новых технологий эмульсионной продукции на основе белково-углеводной композиции, что дает возможность расширить ассортимент пищевой продукции, повысить ее пищевую и биологическую ценность, более полно использовать пищевой потенциал молочного и растительного сырья.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Щеколдина Т.В., Христенко А.Г., Черниховец Е.А. Обеспечение населения полноценным белком на пути решения вопросов продовольственной безопасности // *Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов*. 2015. № 4 (33). С. 117–123.
2. Бухтоярова З.Т., Куликов И.А., Бугаец Н.А.

Соус-майонез повышенной биологической ценности // *Известия ВУЗов. Пищевая технология*. 2003. №1. С. 84–85.

3. Технология эмульсионных продуктов питания специализированного назначения / С.М. Доценко, О.В. Скрипко, Н.Л. Богданов и др. // *Пищевая промышленность*. 2014. № 7. С. 37–41.

4. Гаврилова Д. В. Разработка и товароведная оценка майонеза и майонезного соуса для здорового питания с пектином : дис ... канд. техн. наук : 05.18.15; [Место защиты : Моск. гос. ун-т пищевых пр-в]. Москва, 2014. 147 с. : ил.

5. Азнаурьянова Е.М. Разработка рецептурных составов и усовершенствованной технологии получения физиологически полноценных майонезов : дис ... канд. техн. наук : 05.18.06. Москва, 2001. 176 с. : ил.

6. Aludatt M, Rababah T. Preparation of mayonnaise from extracted plant protein isolates of chickpea, broad bean and lupin flour: chemical, nutritional and therapeutic properties. *J. Food Sci. Technol.* 2017. P. 1395–1405.

7. Mun S., Kim Y., Kang C. Development of reduced-fat mayonnaise using 4alphaGTase-modified rice starch and xanthan gum. *Int. J. Biol. Macromol.* 2009. Vol. 44. № 5. P. 400–407.

8. Jacobsen C, Timm M, Meyer AS. Oxidation in fish oil enriched mayonnaise: Ascorbic acid and low pH increase oxidative deterioration. *J. Agric. Food Chem.* 2001. Vol. 49. № 8. P. 3947–3956.

9. Raudsepp P., Brüggemann D.A. Oxidative stabilization of mixed mayonnaises made with linseed oil and saturated medium-chain triglyceride oil. *Food Chemistry*. 2014. Vol. 152. P. 378–385.

10. Щеколдина Т.В. Технологии получения белоксодержащего сырья из продуктов переработки семян подсолнечника // *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*. 2015. № 109. С. 360–378.

Информация об авторах

С. А. Письменный – магистрант кафедры «Технология хранения и переработки растениеводческой продукции» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина».

А. А. Варивода – кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология хранения и переработки растениеводческой продукции» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина».

REFERENCES

1. Shhekoldina, T.V., Kristenko, A.G. & Chernixovecz, E.A. (2015). Obespechenie naseleniya polnocenny'm belkom na puti resheniya voprosov prodovol'stvennoj bezopasnosti. *Texnologiya i tovarovedenie innovacionny'x pishhevy'x produktov*, 4(33), 117-123. (In Russ.).
2. Buxtoyarova, Z.T., Kulikov, I.A. & Bugaecz, N.A. (2003). Sous-majonez povy'shennoj biologicheskoy cennosti. *Izvestiya VUZov. Pishhevaya texnologiya*, (1), 84-85. (In Russ.).
3. Docenko, S.M., Skripko, O.V. & Bogdanov, N.L. (2014). Texnologiya e'mul'sionny'x produktov pitaniya specializirovannogo naznacheniya. *Pishhevaya promy'shlennost'*, (7), 37-41. (In Russ.).
4. Gavrilova, D.V. (2014). Razrabotka i tovarovednaya ocenka majoneza i majoneznogo sousa dlya zdorovogo pitaniya s pektinom. *Candidate's thesis*. Moscow. (In Russ.).
5. Aznaur'yanova, E.M. (2001). Razrabotka recepturny'x sostavov i usovershenstvovannoj texnologii polucheniya fiziologicheskii polnocenny'x majonezov. *Candidate's thesis*. Moscow. (In Russ.).
6. Aludatt, M. & Rababah, T. (2017). Preparation of mayonnaise from extracted plant protein isolates of chickpea, broad bean and lupin flour: chemical, nutritional and therapeutic properties. *J. Food Sci. Technol.* P. 1395-1405.
7. Mun, S., Kim, Y. & Kang, C. (2009). Development of reduced fat mayonnaise using 4alphaGTase-modified rice starch and xanthan gum. *Int. J. Biol. Macromol*, 44(5), 400-407.

8. Jacobsen, C., Timm, M. & Meyer, AS. (2001). Oxidation in fish oil enriched mayonnaise: Ascorbic acid and low pH increase oxidative deterioration. *J. Agric. Food Chem*, 49(8), 3947-3956. (In Russ.).

9. Raudsepp, P. & Brüggemann, D.A. (2014). Oxidative stabilization of mixed mayonnaises made with linseed oil and saturated mediumchain triglyceride oil. *Food Chemistry*, (152), 378-385.

10. Shhekoldina, T.V. (2015). Texnologii polucheniya beloksoderzhashhego sy'r'ya iz produktov pererabotki semyan podsolnechnika. *Politematicheskij setevoj e'lektronny'j nauchny'j zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, (109), 360-378. (In Russ.).

Information about the authors

S. A. Pismenny - master's student of the Department of «Technologies for storage and processing of crop products» of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin.

A. A. Varivoda - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of «Technologies for storage and processing of crop products» of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin.

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

Статья поступила в редакцию 22.11.2021; одобрена после рецензирования 26.01.2022; принята к публикации 28.02.2022.

The article was received by the editorial board on 22 Nov 21; approved after reviewing on 26 Jan 22; accepted for publication on 28 Feb 22.



Научная статья

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

УДК 664.662

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.01.003

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ РЖАНОГО ХЛЕБА НА ЗАКВАСКАХ СПОНТАННОГО БРОЖЕНИЯ

Зенфира Альбертовна Бочкарева ¹, Ольга Николаевна Пчелинцева ²,
Карина Николаевна Белякова ³, Сабина Кудайбергеновна Сагандыкова ⁴

^{1, 2, 3, 4} Пензенский государственный технологический университет, Пенза, Россия

¹ bochkariievaz@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4552-8007>

² pchelincevaon@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3395-4586>

³ belyakovakarina777@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0849-7085>

⁴ sabina.s.0016@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-8740-8206>

Аннотация. Интерес к ржаному хлебу на заквасках активно проявляют российские производители, в основном владельцы хлебопекарных мини-производств. Для изготовления данных хлебобулочных изделий используются закваски из ржаной муки, в основном обдирной ввиду ее большей доступности. Мука ржаная цельнозерновая имеет более высокую пищевую ценность, поскольку в её составе содержатся все компоненты перемолотого зерна. Для исследования была использована технология выведения густой шестидневной ржаной закваски, состоящая из следующих стадий: 1) соединение ржаной муки и воды в соотношении 1:1, время брожения – 24 часа, температура ферментации 30–31 °С; 2) соотношение стартера, муки и воды 0,25:1:1. При равных условиях брожения закваска из обдирной муки созревает быстрее, может перекиснуть и иметь уксусный запах и более кислый вкус. Закваска на цельнозерновой муке имеет более активное брожение, но в то же время процесс усвоения питательных веществ происходит медленнее, эта закваска не перекисает, не разжижается, ее пористость выше. Исследования показателей готовых изделий показали, что хлеб из цельнозерновой муки на закваске обладает большей влажностью (49 %), кислотность составила 9,0 градусов. Хлеб из обдирной муки на закваске имеет кислотность ниже, чем кислотность ржаного цельнозернового хлеба (8,0 градусов), имеет меньшие показатели влажности (48 %). По органолептическим показателям и по пищевой ценности образцы хлеба не имеют значительных отличий. Таким образом, использование цельнозерновой муки и закваски для хлеба из данной муки влияет незначительно как на органолептические, так и физико-химические показатели, и пищевую ценность ржаного хлеба на заквасках.

Ключевые слова: мука ржаная цельнозерновая, мука ржаная обдирная, закваска, хлеб на закваске, сравнительная оценка.

Для цитирования: Сравнительная оценка показателей ржаного хлеба на заквасках спонтанного брожения / З. А. Бочкарева [и др.]. // Ползуновский вестник. 2021. № 1. С. 23–30. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.01.003.

Original article

COMPARATIVE ASSESSMENT OF RYE BREAD ON SPONTANEOUS FERMENTATION LEAVENS

Zenfira A. Bochkareva ¹, Olga N. Pchelintseva ², Karina N. Belyakova ³,
Sabina K. Sagandykova ⁴

^{1, 2, 3, 4} Penza State Technological University, Penza, Russia

¹ bochkarietvaz@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4552-8007>

² pchelincevaon@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3395-4586>

³ belyakovakarina777@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0849-7085>

⁴ sabina.s.0016@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-8740-8206>

Abstract. Russian manufacturers, mainly owners of baking mini-industries, are actively showing interest in rye bread at starters. For the manufacture of these bakery products, starters from rye flour are used, mainly from peeled flour due to its greater availability. Wholegrain rye flour has a higher nutritional value, since it contains all the components of ground grain. For the study, the technology of growing a dense six-day rye starter was used, consisting of the following stages: 1) combining rye flour and water in a ratio of 1:1, fermentation time - 24 hour, fermentation temperature 30-31 °C; 2) the ratio of starter, flour and water 0.25: 1:1. Under equal conditions of fermentation, the sourdough from peeled flour ripens faster, can peroxide and have a vinegar smell and a more sour taste. The sourdough on whole grain flour has a more active fermentation, but at the same time the process of assimilation of nutrients is slower, this sourdough does not overoxidize, does not liquefy, its porosity is higher. Studies of indicators of finished products showed that sourdough bread made from whole grain flour has more moisture (49%), acidity was 9.0 degrees. Bread made from wholemeal flour on sourdough has an acidity lower than the acidity of rye whole grain bread (8.0 degrees), has lower moisture indicators (48%). In terms of organoleptic characteristics and nutritional value, bread samples do not differ significantly. Thus, the use of whole grain flour insignificantly affects both organoleptic and physicochemical parameters and nutritional value of rye bread with sourdough culture.

Keywords: wholegrain rye flour, peeled rye flour, ferment, bread on ferment, comparative assessment.

For citation: Bochkareva, Z. A., Pchelintseva, O. N., Belyakova, K. N. & Sagandykova, S. K. (2022). Comparative assessment of rye bread on spontaneous fermentation leavens. *Polzunovskiy vestnik*, (1), 23-30. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.01.003.

ВВЕДЕНИЕ

Технология изготовления ржаного хлеба на заквасках – технология для улучшения качества и расширения ассортимента выпускаемой продукции с целью освоения новых видов производств, особенно в хлебопекарных мини-производствах [1, 2, 3].

С развитием средних и малых хлебопекарных производств хлебопеки все чаще возвращаются к традициям и к процессам хлебоприготовления, характеризующимся длительным периодом изготовления теста и полностью отказываются от добавления дрожжей в производстве. Задача хлебопекарных предприятий заключается не только в бесперебойном снабжении хлебом и расширении ассортимента продукции, но и в уме-

нии сочетать итоговое качество с полезностью для здоровья.

Хлебопекарные мини-производства используют свою хорошо проверенную временем закваску с устоявшейся живой биологической системой, с поддержанием циклического повторения пропорций освежения, выверенных параметров влажности, температуры, времени брожения, кислотности с учётом состава муки и качества воды [2].

При спонтанном брожении закваска не всегда получается одинакового качества вследствие влияния эндогенных и экзогенных факторов. Отсюда и качество хлеба, приготовленного на такой закваске, также будет различно. По данным National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES), ржаной хлеб на заквасках рекомендуется для

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ РЖАНОГО ХЛЕБА НА ЗАКВАСКАХ СПОНТАННОГО БРОЖЕНИЯ

здорового питания, т.к. имеет более низкий гликемический индекс, легче переваривается, содержит большое количество витаминов и минеральных веществ, т.к. закваска способствует большей биодоступности этих пищевых веществ, является источником пищевых волокон. Хлеб на заквасках обладает более выраженным вкусом и ароматом по сравнению с хлебом на дрожжах [4].

Исследование ржаных видов хлеба на заквасках с различными добавками относится к числу достаточно обсуждаемых тем, но гораздо меньше проведено исследований ржаного хлеба на цельнозерновой ржаной закваске. Пока не существует стандартизированных показателей на хлеб из цельнозерновой муки, поэтому такие виды хлеба вырабатывают в основном хлебопекарные мини-производства. Разработан проект стандарта, по которому производители смогут продавать свой хлеб как цельнозерновой, если его влажность превышает 19 %, а в составе содержится цельнозерновая и/или обойная мука [5]. Тема хлеба на заквасках продолжает изучаться и совершенствоваться.

Цель исследования – сравнительное исследование качества ржаного хлеба из цельнозерновой муки на закваске из цельнозерновой муки и ржаного хлеба из обдирной муки на закваске из обдирной муки.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектами исследования являются: мука ржаная обдирная (ГОСТ 7045-2017); мука ржаная цельнозерновая (ТУ); закваски из цельнозерновой ржаной муки и ржаной обдирной муки; хлеб из цельнозерновой ржаной муки на закваске, хлеб из ржаной обдирной муки на закваске.

Материалы и методы: определение показателей муки цельнозерновой и обдирной произведено стандартными методами; оценка физико-химических показателей хлеба: влажность мякиша (ГОСТ 21094-75), кислотность (ГОСТ 5670-96) и пористость (ГОСТ 5669-96).

Для исследования была использована технология выведения густой шестидневной ржаной закваски, состоящая из следующих стадий: 1) соединение ржаной муки и воды в соотношении 1:1, время брожения – 24 часа, температура ферментации 30–31 °С; 2) соотношение стартера, муки и воды 0,25:1:1. Температура закваски измерялась термометром, погружением в закваску не менее чем на 15–20 см на 2–3 мин. Далее каждый день операции повторяются, кормление закваски

осуществляется с погрешностью +/-1 час. На 6 день закваска переводится на двухразовое кормление, ее подкармливают еще 6–8 раз, и закваска готова. Готовая ржаная закваска имеет приятный хлебный запах. Готовая закваска используется без размещения в холодильный шкаф или может храниться в холодильном шкафу и использоваться после освежения. Для изготовления теста для хлеба закваску соединяют с водой и размешивают. Добавляют солодовый экстракт, сахар и соль. После добавления муки производят замешивание теста на лабораторной тестомесильной машине. Время расстойки теста 3–5 часов. Когда тесто поднимется, делают вторую расстойку, предварительно сформировав изделия подовые и оставляют для расстойки на 1,5 часа. Выпекают хлеб первые 10 минут при температуре 240 °С, потом открывают дверцу шкафа, выпускают жар и далее выпекают при 200–210 °С еще 30–40 минут. Потом хлеб оставляют созревать около 12 часов.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Сейчас отношение к муке грубого помола изменилось в корне (и заслуженно): о ней теперь говорят в контексте здорового питания и образа жизни. Обдирная ржаная мука – самый массовый сорт муки в России. Она стоит посередине между цельнозерновой или обойной мукой и сеяной. В ней нет зародыша, содержащего масло, поэтому храниться она может очень долго, но и отрубей в ней достаточно, чтобы не быть мукой рафинированной. Обдирная ржаная мука доступна буквально везде, а также этот вид муки один из самых недорогих [6].

По данным M. Gobbetti, M. Gänzle Handbook: цельнозерновая мука (пшеничная, ржаная или их смесь) является предпочтительней для приготовления закваски вследствие наличия большого числа микроорганизмов и более высокой буферной ёмкости муки как результат большого содержания минеральных солей [7].

По органолептическим показателям образцы муки соответствуют ГОСТ 7045-2017. Мука ржаная цельнозерновая отличается более грубым помолом, цвет муки темный, с серым оттенком. Мука ржаная обдирная имеет неоднородную консистенцию, в ней хорошо заметны частички зернового эпидермиса. Ее цвет серовато-кремовый. Вкус и запах цельнозерновой и обдирной муки характерны в целом для ржаной муки, без посторонних привкусов и запахов.

Согласно анализу химического состава ржаной муки установлено, что мука ржаная цельнозерновая содержит большее количество белка, чем мука обдирная на 2 %. Количество жира муки цельнозерновой выше на 0,5 % в сравнении с содержанием жира муки ржаной обдирной. Количество углеводов муки ржаной цельнозерновой меньше на 4 %, чем количество углеводов у обдирной муки. Энергетическая ценность ржаной обдирной муки выше на 10 %, чем у ржаной цельнозерновой. Цельнозерновая ржаная мука богата большим количеством минеральных веществ, чем ржаная обдирная. Она содержит Са на 9 % больше, Mg – на 15 %, К – на 46 %, Р – на 67 %.

Мука ржаная цельнозерновая и мука ржаная обдирная содержат в своем составе витамины группы В. Мука цельнозерновая содержит большее количество витамина В₁ на 0,14 % и витамина В₂ на 0,02 %, чем мука ржаная обдирная.

Таким образом, продукт, получаемый из цельного сырья, отличается большей пользой, но будет меньше храниться за счет более высокого содержания жиров [8].

На густой закваске рекомендуется готовить тесто из ржаной обойной и обдирной муки, а также из смеси разных сортов ржаной и пшеничной муки [9]. Густая закваска имеет более высокую скорость кислотонакопления и терпимость к длительному выбраживанию без существенного закисания [10]. На скорость брожения микроорганизмов оказывает влияние наличие органических кислот и буферные способности муки [7].

Густая закваска должна иметь влажность 48–50 %, кислотность – 13–16 град при использовании ржаной обойной муки и 11–14 град при приготовлении теста из ржаной обдирной муки и подъемную силу «по шарик» до 25 мин. Так как по своим качествам мука цельнозерновая приближается к обойной, и нормативными документами ее показатели не характеризуются, прием для закваски на цельнозерновой муке показатели закваски на обойной ржаной муке.

Органолептические показатели заквасок из ржаной обдирной муки и ржаной цельнозерновой муки представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Органолептические показатели заквасок из ржаной обдирной муки и ржаной цельнозерновой муки

Table 1 - Organoleptic characteristics of starter cultures from peeled rye flour and rye whole grain flour

Характеристики	Закваска из ржаной обдирной муки	Закваска из ржаной цельнозерновой муки
Консистенция	вязкая, слизистая, пористая	вязкая, слизистая, пористая
Запах	кисловатый	кисломолочный, сладковатый
Вкус	хлебный с ярко выраженной кислинкой	хлебный с кислинкой
Цвет	светло-бежевый с сероватым оттенком	светло-бежевый с желтым оттенком

Закваска из ржаной цельнозерновой муки обладает более пористой консистенцией с кисломолочным сладковатым запахом и хлебным вкусом с кислинкой. Цвет светло-бежевый с желтым оттенком. Закваска из ржаной обдирной муки обладает более вязкой, слизистой консистенцией с наличием пористости, с кисловатым запахом, с ярко выраженной кислинкой. Цвет имеет сероватый оттенок. Таким образом, при равном времени брожения закваска из обдирной муки созревает быстрее, может перекипеть и

иметь уксусный запах и более кислый вкус. Закваска на цельнозерновой муке имеет более активное брожение, но в то же время процесс усвоения питательных веществ происходит медленнее, эта закваска не перекипает, не разжижается, ее пористость выше.

Физико-химические показатели ржаного хлеба из цельнозерновой муки и ржаного хлеба из обдирной муки на закваске показаны в таблице 2. Показатели соответствуют требованиям ГОСТ 31807-2018.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ РЖАНОГО ХЛЕБА НА ЗАКВАСКАХ СПОНТАННОГО БРОЖЕНИЯ

Таблица 2 – Физико-химические показатели ржаного хлеба из цельнозерновой муки и ржаного хлеба из обдирной муки на закваске

Table 2 - Physical and chemical parameters of rye bread from whole grain flour and rye bread from peeled flour on sourdough

Физико-химические показатели	Результат измерений	
	Ржаной хлеб из цельнозерновой муки	Ржаной хлеб из обдирной муки
Влажность, %	49,0	48,0
Кислотность, град	9,0	8,0
Пористость, %	49,0	49,0

Анализ результатов показал, что по физико-химическим показателям образцы имеют небольшие различия. Хлеб из цельнозерновой муки на закваске обладает большей влажностью (49 %), кислотность составляет 9,0 град. Хлеб из обдирной муки на закваске имеет кислотность меньше, чем кислотность

ржаного цельнозернового хлеба (8,0 град), но имеет меньшие показатели влажности (48 %). Пористость изделий одинаковая.

Пищевая и энергетическая ценность изделий на цельнозерновой муке на закваске и обдирной муке на закваске показана на рисунке 1.

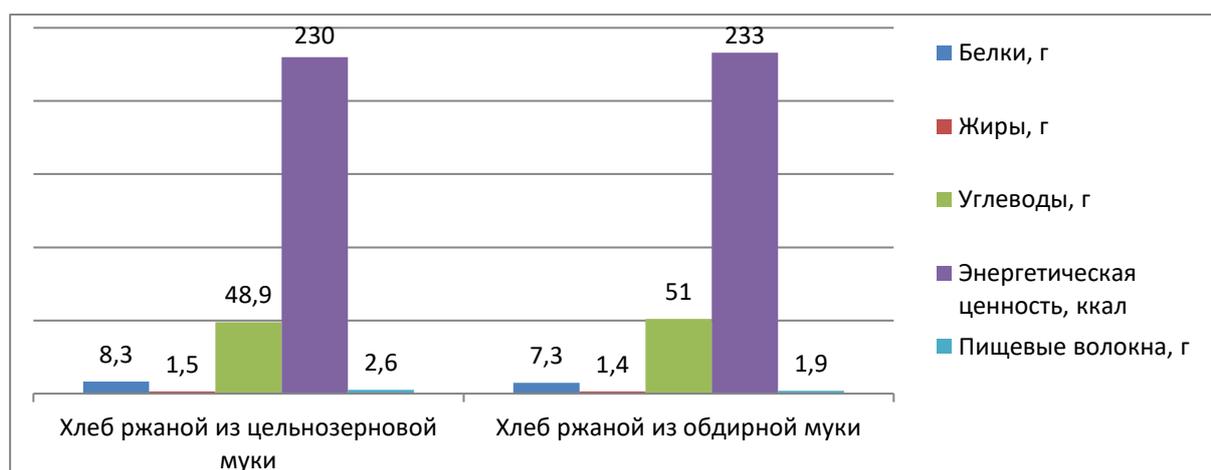


Рисунок 1 – Показатели пищевой и энергетической ценности

Figure 1 - Indicators of nutritional and energy value

Показатели пищевой и энергетической ценности изделий на заквасках мало отличаются. Хлеб ржаной из цельнозерновой муки на закваске обладает большим количеством белка на 1 % и меньшим содержанием углеводов на 2,1 % в сравнении с хлебом ржаным из обдирной муки на закваске. Энергетическая ценность хлеба ржаного из обдирной муки на закваске больше на 3 % в сравнении с ржаным хлебом из цельнозерновой муки на закваске.

Хлеб ржаной из цельнозерновой муки на закваске содержит 2,6 г пищевых волокон, а хлеб из обдирной муки на закваске содержит 1,9 г пищевых волокон. Большее содержание пищевых волокон в хлебе из цельнозерновой муки объясняется способом ее получения.

По органолептическим показателям оба вида хлеба на заквасках соответствовали нормативным документам (рисунки 2, 3).



Рисунок 2 – Хлеб ржаной из обдирной муки на закваске

Picture 2 - Rye bread from peeled flour on sourdough



Рисунок 3 – Хлеб ржаной из цельнозерновой муки на закваске

Picture 3 - Rye bread from whole grain flour on sourdough

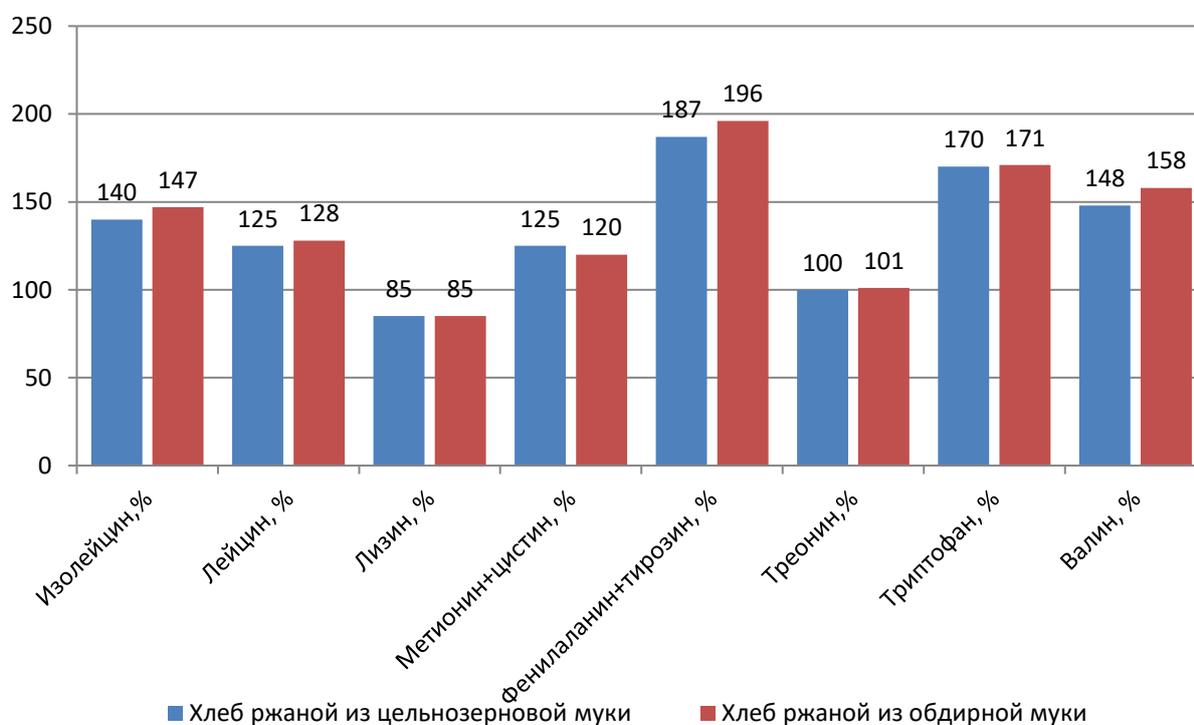


Рисунок 4 – Аминокислотный скор хлеба из цельнозерновой муки и обдирной муки на закваске

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ РЖАНОГО ХЛЕБА НА ЗАКВАСКАХ СПОНТАННОГО БРОЖЕНИЯ

Figure 4 - Amino acid score of bread from whole grain flour and sourdough flour

Органолептические показатели ржаного хлеба из цельнозерновой муки на закваске и ржаного хлеба из обдирной муки на закваске характерны для ржаного подового хлеба. Форма изделий сохранена без трещин, подрывов, поверхность ровная, мякиш пропеченный.

Цвет коричневый. Вкус и аромат, свойственные ржаному хлебу.

На рисунке 4 представлен аминокислотный скор хлеба из цельнозерновой муки и обдирной муки на закваске.

Анализируя расчетное содержание незаменимых аминокислот в хлебе ржаном из цельнозерновой муки на закваске и хлебе ржаном из обдирной муки на закваске, можно отметить, что по аминокислотному составу изделия идентичны. В хлебе ржаном из цельнозерновой муки на закваске и хлебе ржаном из обдирной муки на закваске лимитирующей аминокислотой является – лизин, аминокислотный скор которой составляет 85 %.

Хлеб ржаной из цельнозерновой муки на закваске содержит большее количество минеральных веществ, чем хлеб ржаной из обдирной муки, а именно: Са на 5 %, Mg на 9 %, К на 28 %. Таким образом, в хлебе ржаном из цельнозерновой муки на закваске содержится больше минеральных веществ, т.к. их содержание выше в муке цельнозерновой.

ВЫВОДЫ

Проведя сравнительную характеристику изделий из ржаной цельнозерновой и обдирной муки на заквасках, можно сделать вывод, что показатели ржаного хлеба из цельнозерновой и обдирной муки на закваске характерны для ржаного подового хлеба, имеют практически одинаковые органолептические показатели, ярко-выраженный вкус, пропеченный мякиш, привлекательный внешний вид, но хлебобулочное изделие из обдирной муки на закваске обладает менее кислым вкусом. Пищевая и энергетическая ценность сравниваемых изделий отличается небольшим преобладанием белков и минеральных веществ в изделии из цельнозерновой муки на закваске. Данные биологической ценности у изделий мало отличаются, т.к. лимитирующая аминокислота – лизин – имеет одинаковый скор. Таким образом, изготовление хлеба на заквасках спонтанного брожения способствует получению качественных изделий с насыщенным ржаным вкусом и высокими товароведными характеристиками, при этом ржаные хлебобулочные изделия из цельнозерновой

муки на закваске и из обдирной муки на закваске не имеют значительных отличий по органолептическим показателям и по пищевой ценности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бочкарева З.А., Пчелинцева О.Н. Хлебобулочные изделия на ржаной закваске с черемуховой мукой. XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2021. Т. 10. № 1 (53). С. 104–107.
2. Легков И.С. Разработка технологии производства изделий из ржаной муки в условиях малых предприятий и предприятий общественного питания : автореферат дис. ... канд. техн. наук: 05.18.15. Москва, 2012. 24 с.
3. Сухоставец Е.Н., Бидюк Д.О., Черныш Л.Н. Теоретические аспекты производства ржаных изделий с добавлением заквасок спонтанного брожения. В сборнике : Современные проблемы товароведения, экономики и индустрии. Материалы I заочной Международной научно-практической конференции. Саратов, 30 ноября 2016 г. С. 262–266.
4. Кузнецова Л.И., Буркина М.С. Традиционные технологии производства хлеба на ржаных заквасках // Кондитерское и хлебопекарное производство. № 3–4 (180). 2019. С. 6–9.
5. Проект ГОСТ Р Российская система качества. Изделия хлебобулочные с добавлением зерна и продуктов его переработки. Потребительские испытания. [Электронный ресурс]. Режим доступа : URL: <https://fgis.gost.ru/share/page/rsprs/nds-details?uid=8abf6688-7a93-4590-a9e6-d43596980d80>.
6. Черниязова Э.А., Ефремова А.А., Наумова Н.Л. Сравнительный анализ химического состава растительного сырья, применяемого в технологии производства ржаного хлеба // Ползуновский вестник. 2018. № 2. С. 35–38. DOI: 10.25712/ASTU.2072-8921.2018.02.015.
7. Gobbetti M., Gänzle M. Handbook on sourdough biotechnology. 2013. Springer. 304 p. DOI: 10.1007/978-1-4614-5425-0.
8. Кузнецова Л.И. Научные основы технологий хлеба с использованием ржаной муки на заквасках с улучшенными биотехнологическими свойствами : дис. ... д-ра техн. наук : 05.18.01. Москва, 2010. 200 с.
9. Бакаева И.А. Разработка технологии хлеба повышенной пищевой ценности на густой закваске из биоактивированного зерна пшеницы : дис. ... канд. техн. наук: 05.18.01. Воронеж, 2015. 231 с.
10. Тугульбаева Л.Г., Кощина Е.И., Гареева И.Т. Разработка способа получения закваски спонтанного брожения для ржаного хлеба. В сборнике : Пищевые технологии будущего: инновации в производстве и переработке сельскохозяйственной продукции ; Материалы II Международной научно-практической конференции в рамках международного научно-практического форума, посвященного Дню Хлеба и соли. Саратов, 24-25 марта 2021 г. С. 430–436.

Информация об авторах

З. А. Бочкарева – кандидат технических наук, доцент кафедры «Пищевые производства» Пензенского государственного технологического университета.

О. Н. Пчелинцева – кандидат технических наук, доцент кафедры «Пищевые производства» Пензенского государственного технологического университета.

К. Н. Белякова – магистрант кафедры «Пищевые производства» Пензенского государственного технологического университета

С. К. Сагандыкова – студент кафедры «Пищевые производства» Пензенского государственного технологического университета.

REFERENCES

1. Bochkareva, Z.A. & Pchelitseva, O.N. (2021). Bakery products on rye sourdough with cherry flour. XXI century: the results of the past and the problems of the present plus. Vol. 10 No. 1(53). pp. 104-107. (In Russ.).

2. Legkov, I.S. (2012). Development of technology for the production of rye flour products in the conditions of small enterprises and catering enterprises. *Candidate's thesis*. Moscow. (In Russ.).

3. Sukhostavets, E.N., Bidyuk, D.O. & Chernysh, L.N. (2016). Theoretical aspects of the production of rye products with the addition of starter cultures of spontaneous fermentation. In the collection: Modern problems of commodity science, economics and industry. *Materials of the I correspondence International Scientific and Practical Conference*. Saratov, November 30, 2016, pp. 262-266. (In Russ.).

4. Kuznetsova, L.I. & Burykina, M.S. (2019). Traditional technologies of bread production on rye sourdough. *Confectionery and bakery production*, 3-4 (180), 6-9. (In Russ.).

5. The project GOST R Russian quality system. Bakery products with the addition of grain and its processed products. Consumer testing. [electronic resource]. - Access mode: URL: <https://fgis.gost.ru/>

share/page/rsprs/nds-details?uuid=8abf6688-7a93-4590-a9e6-d43596980d80 (In Russ.).

6. Cherniyazova, E.A., Efremova, A.A. & Naumova, N.L. (2018). Comparative analysis of the chemical composition of vegetable raw materials used in the production technology of rye bread. *Polzunovskiy vestnik*, (2), 35-38. (In Russ.). DOI: 10.25712/ASTU.2072-8921.2018.02.015.

7. Gobbetti, M. & Gänzle, M. (2013). *Handbook on sourdough biotechnology*. Springer. DOI:10.1007/978-1-4614-5425-0.

8. Kuznetsova, L.I. (2010). Scientific bases of bread technologies using rye flour on starter cultures with improved biotechnological properties. *Candidate's thesis*. Moscow. (In Russ.).

9. Bakaeva, I.A. (2015). Development of the technology of bread of increased nutritional value on a solid sourdough from bioactivated wheat grain. *Candidate's thesis*. Moscow. (In Russ.).

10. Tugulbaeva, L.G., Kashina, E.I. & Gareeva, I.T. (2021). Development of a method for obtaining a starter culture of spontaneous fermentation for rye bread. In the collection: Food technologies of the future: innovations in the production and processing of agricultural products - *Materials of the II International Scientific and Practical Conference within the framework of the international scientific and practical forum dedicated to the Day of Bread and Salt*. Saratov, March 24-25, 2021, pp. 430-436. (In Russ.).

Information about the authors

Z. A. Bochkareva - candidate of technical Sciences, associate Professor of the Department "Food Production" Penza State Technological University.

O. N. Pchelintseva - candidate of technical Sciences, associate Professor of the Department "Food Production" Penza State Technological University.

K. N. Belyakova - Master's student of the Department "Food Production" Penza State Technological University.

S. K. Sagandykova - student of the Department "Food Production" Penza State Technological University.

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

Статья поступила в реакцию 17.12.2021; одобрена после рецензирования 17.02.2022; принята к публикации 28.02.2022.

The article was received by the editorial board on 17 Dec 21; approved after reviewing on 17 Feb 22; accepted for publication on 28 Feb 22.



Научная статья

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

УДК 641.887.5

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.01.004

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА СМЕТАННО-РАСТИТЕЛЬНЫХ СОУСОВ

Юлия Ивановна Белянинова¹, Альбина Алексеевна Варивода²

^{1,2} Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина», Краснодар, Россия

¹ y.belyaninova@mail.ru

² albin2222@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5931-2119>

Аннотация. В статье рассмотрена актуальная проблема – обеспечение населения высококачественными продуктами питания повышенной пищевой ценности. В сложившейся неблагоприятной экологической ситуации целесообразным является включение в ежедневный рацион человека соусов, содержащих широкий спектр биологически активных компонентов (витаминов, минеральных веществ, пищевых волокон, полиненасыщенных жирных кислот).

Важным направлением разработки новых продуктов является создание комбинированных продуктов, таких как сметанно-растительные соусы. Для этого разработаны новые рецептуры сметанно-растительных соусов с использованием хрена и горчицы.

Основные результаты исследования заключаются в разработке оптимальной рецептуры, изучению ее органолептических характеристик. Также изучены основные физико-химические характеристики готового продукта и доказано, что продукт соответствует показателям нормативной документации.

Выбран оптимальный тепловой режим для производства соуса на основе сметаны и растительных компонентов, поэтому были изучены показатели сметанно-растительных соусов до и после термической обработки. Результаты исследования показали, что новые сметанно-растительные соусы (как свежие, так и термизированные) характеризуются значительной биологической и пищевой ценностью за счет высокого содержания незаменимых amino- и полиненасыщенных жирных кислот, процесс термизации существенно не изменяет аминокислотный и жирнокислотный состав продукции. Также отмечено, что процесс нагревания практически не изменяет таких характеристик, как массовая доля белка, жира, углеводов, кроме того во время термизации соусы характеризуются такими же показателями пищевой и биологической ценности.

Доказана перспективность комбинирования молочного и растительного сырья для повышения биологической ценности сметанно-растительных соусов.

Ключевые слова: сметанно-растительный соус, аминокислотный состав, жирнокислотный состав, незаменимые аминокислоты, полиненасыщенные жирные кислоты, аминокислотный скор, «идеальный белок».

Для цитирования: Белянинова, Ю. И., Варивода, А. А. Исследование показателей качества сметанно-растительных соусов // Ползуновский вестник. 2022. № 1. С. 31–38. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.01.004.

Original article

RESEARCH OF QUALITY INDICATORS OF SOUR CREAM AND VEGETABLE SAUCES

Yulia I. Belyaninova ¹, Albina A. Varivoda ²

^{1, 2} Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin", Krasnodar, Russia

¹ y.belyaninova@mail.ru

² albin2222@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5931-2119>

Abstract. *The article considers an urgent problem - providing the population with high-quality food of increased nutritional value. In the current unfavorable environmental situation, it is advisable to include sauces containing a wide range of biologically active components (vitamins, minerals, dietary fibers, polyunsaturated fatty acids) in the daily human diet.*

An important direction in the development of new products is the creation of combined products, such as sour cream and vegetable sauces. For this purpose, new recipes of sour cream and vegetable sauces using horseradish and mustard have been developed.

The main results of the study are the development of an optimal recipe, the study of its organoleptic characteristics. The basic physical and chemical characteristics of the finished product have also been studied and it has been proved that the product meets the indicators of regulatory documentation.

The optimal thermal regime for the production of sauce based on sour cream and vegetable components was chosen, therefore, the indicators of sour cream and vegetable sauces before and after heat treatment were studied. The results of the study showed that the new sour cream and vegetable sauces (both fresh and thermized) are characterized by high biological and nutritional value due to the high content of essential amino and polyunsaturated fatty acids, the thermization process does not significantly change the amino acid and fatty acid composition of the products. It is also noted that the heating process practically does not change such characteristics as the mass fraction of protein, fat, carbon, in addition, during thermization, sauces are characterized by the same indicators of nutritional and biological value.

The prospects of combining dairy and vegetable raw materials to increase the biological value of sour cream and vegetable sauces have been proved.

Keywords: *sour cream and vegetable sauce, amino acid composition, fatty acid composition, essential amino acids, polyunsaturated fatty acids, amino acid score, "ideal protein".*

For citation: Belyaninova, Y. I. & Varivoda, A. A. (2022). Research of quality indicators of sour cream and vegetable sauces. *Polzunovskiy vestnik*, (1), 31-38. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.01.004.

ВВЕДЕНИЕ

Современный рынок соусов очень разнообразен. Доля их потребления в России с каждым годом увеличивается. Как результат – растет промышленное производство этой продукции, среди которой различают сладкие фруктовые и острые закусочные соусы. По итогам 2020 г. производство последних составляет более 1 164 тыс. т. Их делят на белые (майонез и соусы на майонезной основе – 64 % рынка), красные (кетчуп и соусы на томатной основе – 31 %), горчичный – 4 %, соевые – 1 %

Учитывая то, что одним из важнейших средств конкурентной борьбы является завоевание и удержание позиций на рынке, возникает проблема разработки рецептур и исследование качественных характеристик новых сметанно-растительных соусов, которые на сегодня отсутствуют в торговой сети [1; 2].

Внедрение новых сметанно-растительных соусов в производство и обеспечение их конкурентоспособности невозможно без комплексных научных исследований. При разработке новых рецептур соусов необходимо не только подобрать оптимальную композицию, но и исследовать органолептические

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА СМЕТАННО-РАСТИТЕЛЬНЫХ СОУСОВ

ские и физико-химические свойства, а также аминокислотный и жирнокислотный состав предлагаемых продуктов.

Исходя из функционально-технологических свойств, установлено, что в пищевых эмульсиях растительными добавками можно заменить различные искусственные эмульгаторы, разрешенные к применению в РФ в пищевых продуктах. Традиционными эмульгаторами являются яичные и молочные продукты, которые в настоящее время стремятся заменить растительным сырьем с различным составом высоко- и низкомолекулярных эмульгирующих веществ [3, 4].

Учитывая основные принципы пищевой комбинаторики, а именно сочетание и свойства сырья, проведено научное проектирование рецептурного состава сметанных соусов с хреном и горчицей, орехами и йодсодержащей добавкой, которая позволит не только придать готовым продуктам привлекательный внешний вид, но и обогатить их биологически активными веществами.

МЕТОДЫ

В качестве основных объектов исследования были выбраны сметанно-растительные соусы, выработанные с хреном и горчицей, а в качестве сырья для них использованы следующие составляющие: сметана (м/д жира 20 %) по ГОСТ 31452-2012, хрен измельченный по ГОСТ Р 56557-2015, горчица по ГОСТ 9159-71, соль поваренная по ГОСТ Р 51574-

2018, перец красный (сушеный, молотый) по ГОСТ 29053-91, йодсодержащая добавка по ГОСТ Р 54979-2012, орех грецкий по ГОСТ 32874-2014.

Определение влажности сметанно-растительных соусов проводили методом высушивания до постоянной массы по ГОСТ Р 54607.4-2015; массовую долю углеводов определяли рефрактометрическим методом ГОСТ Р 54607.8-2016; массовую долю белка – методом Лоури [11]; массовую долю жира по ГОСТ 32255-2013; показатели pH – потенциометрическим методом по ГОСТ 33613-2015; реологические свойства образцов определяли на ротационном вискозиметре «Реотест-2» [10]. Определение жирнокислотного состава образцов проводили методом газовой капиллярной хроматографии ГОСТ 32915-2014. Определение жирнокислотного состава с помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии по ГОСТ Р 54760-2011. Органолептические и физико-химические показатели образцов анализировали по ГОСТ 31762-2012.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Цель работы – изучение показателей качества новых сметано-растительных соусов, а именно физико-химических показателей, аминокислотного и жирнокислотного состава, влияние термической обработки на биологическую ценность продукта.

Таблица 1 – Шкала 5-балльной оценки сметанно-растительных соусов

Table 1 - Scale of 5-point evaluation of sour cream and vegetable sauces

Оценка, балл	Показатель		
	Внешний вид и консистенция	Цвет	Вкус и запах
1	2	3	4
5,0–4,5 (отлично)	Однородный, вязкий продукт. Наличие включений от компонентов соответственно конкретной рецептуре	Привлекательный свойственный сырью, однородный по всей массе	Приятный, гармоничный, присущий молочному сырью и наполнителю
4,4–4,0 (хорошо)	Однородный, достаточно вязкий продукт. Наличие включений от компонентов в соответствии с конкретной рецептурой	Привлекательный, присущий сырью, однородный по всей массе	Хороший вкус, свойственный молочному сырью и наполнителю, приятный запах

Продолжение таблицы 1 / Table 1 continued

1	2	3	4
3,9–3,0 (удовлетворительно)	Однородный, средней вязкости продукт. Наличие включений от компонентов в соответствии с конкретной рецептурой	Средней привлекательности, слабо выраженный, однородный по всей массе	Удовлетворительный, без постороннего привкуса и запаха
2,9–2,0 (неудовлетворительно)	Неоднородный, недостаточно вязкий продукт. Одиночные сторонние включения, не свойственные сырью	Мало привлекателен, неоднороден по всей массе	Невыраженный вкус и нейтральный запах
< 2 (очень плохо)	Неоднородный, жидкий или пастообразный продукт. Наличие значительного количества сторонних включений, не свойственных сырью	Непривлекательный, коричневый, несвойственный сырью, неоднородный по всей массе	Несвойственный, неприятный с посторонним привкусом

Большое внимание уделено органолептической оценке готовых соусов, для чего разработана 5-балльная шкала, согласно которой продукты по качеству разделяют на отличные, хорошие, удовлетворительные, неудовлетворительные и очень плохие (таблица 1).

Для приготовления разработанных сметанно-растительных соусов использовано

натуральное сырье: сметана, хрен, горчица, желток (таблица 2).

Соотношение животной (сметана и яичный желток) и растительной (хрен и горчица) части составляет для сметанных соусов с горчицей около 80 : 20, с хреном – 70 : 30 соответственно.

Таблица 2 – Рецептурный состав сметанно-растительных соусов, %

Table 2 - Recipe composition of sour cream and vegetable sauces, %

Рецептурные компоненты соусов	Сметанный соус с хреном	Сметанный соус с горчицей
Сметана (м/д жира 20 %)	55,3	70,9
Хрен измельченный	25,0	–
Горчица	–	14,3
Желток (вареный)	17,0	11,8
Соль поваренная	0,8	1,0
Перец красный (сушеный, молотый)	0,4	0,5
Йодсодержащая добавка	0,5	0,5
Орех грецкий	1,0	1,0

Органолептические свойства исследуемых образцов получены дегустационной комиссией в составе десяти специалистов. В качестве контроля выбраны соусы с хреном

и горчицей на майонезной основе «Махеев» (контроль 1 и контроль 2 соответственно). Результаты исследования приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Балльная оценка органолептических показателей соусов

Table 3 - Scoring of organoleptic indicators of sauces

Образец соуса	внешний вид и консистенция	вкус и запах	цвет	средняя оценка
Сметанный соус с хреном	5,0	5,0	4,7	4,9
Контроль 1	4,3	4,5	4,7	4,5
Сметанный соус с горчицей	5,0	4,8	5,0	4,9
Контроль 2	4,6	4,5	4,8	4,6

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА СМЕТАННО-РАСТИТЕЛЬНЫХ СОУСОВ

Средние балльные оценки всех исследуемых образцов незначительно различались между собой – всего на 0,3–0,4 балла. Однако дегустаторами было отдано предпочтение разработанному новым сметанно-растительным соусам над контрольными на майонезной основе, что обусловлено гармоничным сочетанием внесенных добавок с основными

рецептурными компонентами, а также заменой майонезной основы сметаной.

Из физико-химических показателей определяли кислотность и устойчивость эмульсии стандартными методами. Качество соусов по физико-химическим показателям приведено в таблице 4.

Таблица 4 – Физико-химические показатели качества соусов

Table 4 - Physical and chemical indicators of the quality of sauces

Показатель	Нормы по ГОСТ 31761-12	образец соуса			
		сметанный соус с хреном	контроль 1	сметанный соус с горчицей	контроль 2
Кислотность, % в пересчете на уксусную кислоту, не более	Не более 1,0	0,69	0,77	0,59	0,75
pH	3,5–5,0	3,06	3,12	3,24	3,08
Стойкость эмульсии, %	Не менее 97	100	100	100	100

Все исследуемые сметанно-растительные соусы по физико-химическим показателям соответствовали требованиям стандарта. Поэтому возникает необходимость дальнейшего исследования качественных характеристик этой продукции при различных режимах термизации и показателей безопасности продукции.

Исследовали свежизготовленные соусы и термизированные – такие, которые подвергнуты пастеризации при температуре 80–85 °С. В соусах при условии медленного нагревания до температуры эмульгирования происходит полиморфное преобразование

жира $\gamma \rightarrow \alpha \rightarrow \beta$, что повышает срок хранения сметанно-растительных продуктов [5, 6].

В случае превышения температурного режима происходит потемнение эмульсии, свертывание белков, образование жировых сгустков. Поэтому оптимальным тепловым режимом для создания соуса на основе сметаны и растительных компонентов является 80–85 °С, при котором происходит процесс денатурации белков с казеином.

Физико-химические показатели соусов и их изменения во время термической обработки приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Характеристика физико-химического состава соуса до и после термической обработки

Table 5 - Characteristics of the physico-chemical composition of the sauce before and after heat treatment

Показатель	Соус с хреном	Соус с горчицей	Соус с хреном	Соус с горчицей
	Содержание до термической обработки, %		Содержание после термической обработки, %	
Жиры	55,4±0,8	70,9±0,5	55,0±0,08	70,5±0,05
Белки	5,06±0,08	6,11±0,08	5,00±0,08	6,09±0,08
Углеводы	7,89±0,02	7,10±0,03	7,57±0,02	6,94±0,03
Зола	1,39±0,01	1,21±0,01	1,43±0,01	1,11±0,01
Влага	11,72±0,05	9,51±0,09	9,02±0,5	8,01±0,5

Таблица 6 – Характеристика аминокислотного состава сметанно-растительных соусов до и после термической обработки

Table 6 - Characteristics of the amino acid composition of sour cream and vegetable sauces before and after heat treatment

Показатель	Соус с хреном	Соус с горчицей	Соус с хреном	Соус с горчицей
	Содержание до термической обработки, % к сумме аминокислот		Содержание после термической обработки, % к сумме аминокислот	
Незаменимые аминокислоты, в том числе	37,54	38,43	36,03	37,32
Валин	5,83	5,53	5,82	5,46
Метионин	0,60	1,71	2,33	2,01
Лейцин	8,78	9,37	8,89	8,70
Изолейцин	4,91	4,69	5,05	4,90
Лизин	7,52	7,31	7,69	6,64
Треонин	5,45	4,89	4,63	4,80
Фенилаланин	4,45	4,93	4,62	4,81
Заменимые аминокислоты, в том числе	62,46	61,57	60,97	61,08
Аланин	4,64	4,03	4,75	4,56
Аргинин	6,12	9,63	6,52	8,33
Аспарагин	9,64	7,42	7,97	7,40
Гистидин	2,56	2,98	2,55	2,90
Глицин	2,86	3,86	2,95	3,92
Глутамин	17,85	17,4	17,11	17,76
Пролин	7,29	4,17	7,40	5,36
Серин	6,48	5,84	6,19	6,12
Тирозин	3,75	4,29	3,93	4,11
Цистин	1,24	1,94	1,61	2,21

Соус с хреном содержит суммарное количество незаменимых аминокислот – 37,54 %, соус с горчицей и грецкими орехами – 39,23 %, что на 1,69 % больше. После термической обработки наблюдается незначительное уменьшение количества аминокислот на 1,12 % и 0,9 % соответственно. Такие значе-

ния могут обуславливаться режимом термической обработки и лабильными свойствами аминокислот.

Следующим этапом исследования было определение жирнокислотного состава соусов, данные которого приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Характеристика жирнокислотного состава соуса до и после термической обработки

Table 7 - Characteristics of the fatty acid composition of the sauce before and after heat treatment

Показатель	Соус с хреном	Соус с горчицей	Соус с хреном	Соус с горчицей
	Содержание до термической обработки, % к сумме аминокислот		Содержание после термической обработки, % к сумме аминокислот	
Ненасыщенные жирные кислоты				
1	2	3	4	5
Миристиновая C _{14:1}	0,21	0,64	0,19	0,63
Пальмитиновая C _{16:1}	0,17	1,81	0,17	1,80
Олеиновая C _{18:1}	31,51	21,44	30,63	21,40
Линолевая C _{18:2}	8,88	8,88	7,69	8,87
Линоленовая C _{18:3}	4,5	5,01	4,24	5,00
γ-линоленовая C _{18:3}	2,59	3,91	2,17	3,91
α-линоленовая C _{18:3}	Следы	Следы	Следы	Следы
Арахидоновая C _{20:4}	0,83	0,38	0,13	0,38
Сумма ненасыщенных	48,69	42,07	45,22	41,99

Продолжение таблицы 7/ Table 7 continued

1	2	3	4	5
Насыщенные жирные кислоты				
Масляная C _{4:0}	5,92	3,62	4,50	3,61
Капроновая C _{6:0}	0,28	0,79	0,25	0,79
Лауриновая C _{12:0}	1,23	2,36	1,10	2,35
Миристиновая C _{14:0}	3,66	7,42	3,51	7,42
Пальмитиновая C _{16:0}	23,83	20,61	23,00	20,60
Стеариновая C _{18:0}	9,77	8,38	9,70	8,38
Арахидиновая C _{20:0}	0,32	0,16	0,22	0,15
Сумма насыщенных	45,01	43,34	42,28	43,3
Не идентифицированы	16,3	14,59	18,57	14,71
ПНЖК: НЖК	1:0,92	1:1,03	1:0,93	1:1,03

ОБСУЖДЕНИЕ

Как видно из таблицы 5, сметанные соусы с хреном и горчицей в процессе термизации теряют 2,7 % и 1,5 % влаги соответственно. Устойчивую структуру эмульгированного продукта получаем за счет использования компонентов, которые обладают высокой эмульгирующей и стабилизирующей способностью (полисахариды, белки, липиды, в частности фосфолипиды). В результате создания белково-полисахаридных комплексов при условии сочетания овощного, яичного и молочного сырья в сметанно-растительных соусах можно достичь значительного эмульгирующего и стабилизирующего эффекта смеси. Образование последнего приводит к увеличению устойчивости межфазного адсорбционного слоя, а, следовательно, к устойчивости эмульсии, а также к образованию студневого каркаса во всей системе, вследствие чего увеличивается ее вязкость и устойчивость к расслоению [7, 8].

Отметим, что процесс термизации почти не вносит никаких корректив, что касается массовой доли белков, жиров, углеводов, то во время термизации соусы характеризуются такими же показателями пищевой и биологической ценности.

В таблице 6 приведен аминокислотный состав белков разработанных соусов. Как видно из таблицы 6, сметанно-растительные соусы содержат полноценные белки, которые включают все незаменимые аминокислоты.

Анализируя результаты исследования аминокислотного состава, существенным является содержание и соотношение незаменимых аминокислот, которые не синтезируются организмом, а должны поступать с продуктами питания.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Раскрытые в этой статье результаты исследования показали, что новые сметанно-растительные соусы (как свежие, так и термизированные) характеризуются высокой биологической и пищевой ценностью, процесс термизации существенно не изменяет в аминокислотный и жирнокислотный состав продукции. Доказана перспективность комбинирования молочного и растительного сырья для повышения биологической ценности, применения термической обработки производства сметанно-растительных соусов. Поэтому возникает необходимость дальнейшего исследования качественных характеристик этой продукции, различных режимов термизации и показателей безопасности продукции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технология эмульсионных продуктов питания специализированного назначения / С.М. Доценко, О.В. Скрипко, Н.Л. Богданов, В.М. Грызлов, Е.Б. Обухов // Пищевая промышленность. 2014. № 7. С. 37–41.
2. Панина Е.В., Исаев Е.А. Исследование применения нетрадиционных ингредиентов в майонезных соусах // Технологии и товароведение сельскохозяйственной продукции. 2018. № 2 (11). С. 145–152.
3. Меренкова С.П., Лукин А.А. Анализ реологических свойств овощных и майонезных соусов, выработанных с применением функциональных растительных добавок // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия : Процессы и аппараты пищевых производств. 2015. № 4. С. 96–105.
4. Смертина Е.С., Масленникова Е.В., Вершинина А.Г. Разработка рецептур и технологии майонезных соусов с использованием нетрадиционного сырья // Масложировая промышленность. 2013. № 5. С. 29–31.
5. Табакаева О.В. Обоснование выбора показателей качества майонезных соусов // Масложировая промышленность. № 4. 2009. С. 11–13.
6. Низкожирные майонезные соусы со вкусовыми добавками / А.П. Нечаев, Ю.В. Николаева, В.В. Тарасова, А.А. Максимкин // Пищевая промышленность. 2020. № 12. С. 31–35.

7. Исследование влияния нетрадиционного сырья на качество майонезного соус / Д.Д. Симеониди, О.Т. Ибрагимова, Ф.Л. Тедеева // *Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов*. 2017. № 4 (45). С. 71–74.

8. Приемы обогащения майонезных соусов пищевыми волокнами / С.Ю. Чурикова, В.И. Манжесов, И.В. Максимов // *Новая наука : Современное состояние и пути развития*. 2016. 12-5. С. 244.

9. Raudsepp P., Brüggemann D.A. Oxidative stabilization of mixed mayonnaises made with linseed oil and saturated medium-chain triglyceride oil. *Food Chemistry*. 2014. Vol. 152. P. 378–385.

10. Забодалова Л.А., Белозерова М.С. Инженерная реология : учеб.- метод. пособие. СПб. : Университет ИТМО, 2016. 41 с.

11. Величко Н.А., Шанина Е.В. Пищевая химия : учеб. пособие. Краснояр. гос. аграр. ун-т. Красноярск, 2010. 204 с.

Информация об авторах

Ю. И. Белянинова – магистрант кафедры «Технология хранения и переработки растениеводческой продукции» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина».

А. А. Варивода – кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология хранения и переработки растениеводческой продукции» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина».

REFERENCES

1. Docenko, S.M., Skripko, O.V., Bogdanov, N.L., Gryzlov, V.M. & Obuhov, E.B. (2014). *Tekhnologiya emul'sionnykh produktov pitaniya specializirovannogo naznacheniya. Pishchevaya promyshlennost'*, (7), 37–41. (In Russ.).

2. Panina, E.V. & Isaev, E.A. (2018). *Issledovanie primeneniya netraditsionnykh ingredientov v majonezhnykh sosyakh. Tekhnologii i tovarovedenie sel'skohozyajstvennoy produkcii*, 2(11), 145-152. (In Russ.).

3. Merenkova, S.P. & Lukin, A.A. (2015). *Analiz reologicheskikh svoystv ovoshchnykh i majonezhnykh sosov, vyrabotannykh s primeneniem funktsional'nykh*

rastitel'nykh dobavok. Nauchnyy zhurnal NIU ITMO. Seriya: Processy i apparaty pishchevykh proizvodstv, (4), 96-105. (In Russ.).

4. Smertina, E.S. Maslennikova, E.V. & Vershinina, A.G. (2013). *Razrabotka receptur i tekhnologii majonezhnykh sosov s ispol'zovaniem netraditsionnogo syr'ya. Maslozhirovaya promyshlennost'*, (5), 29-31. (In Russ.).

5. Tabakaeva, O.V. (2009). *Obosnovanie vybora pokazatelej kachestva majonezhnykh sosov. Maslozhirovaya promyshlennost'*, (4), 11-13. (In Russ.).

6. Nechaev, A.P., Nikolaeva, YU.V., Tarasova, V.V. & Maksimkin, A.A. (2020). *Nizkozhirnye majonezhnye sosy so vkusovymi dobavkami. Pishchevaya promyshlennost'*, (12), 31-35. (In Russ.).

7. Simeonidi, D.D., Ibragimova, O.T. & Tedeeva, F.L. (2017). *Issledovanie vliyaniya netraditsionnogo syr'ya na kachestvo majonezhnogo sousu. Tekhnologiya i tovarovedenie innovatsionnykh pishchevykh produktov*, 4 (45), 71-74. (In Russ.).

8. CHurikova, S.YU., Manzhesov, V.I. & Maksimov, I.V. (2016). *Priemy obogashcheniya majonezhnykh sosov pishchevymi voloknami. Novaya nauka: Sovremennoe sostoyanie i puti razvitiya*, 12(5), 244. (In Russ.).

9. Raudsepp, P. & Brüggemann, D.A. (2014). *Oxidative stabilization of mixed mayonnaises made with linseed oil and saturated medium-chain triglyceride oil. Food Chemistry*, (152), 378-385.

10. Zabodalova, L.A. & Belozerovala, M.S. (2016). *Inzhenernaya reologiya. Ucheb.- metod. posobie*. SPb.: Universitet ITMO. (In Russ.).

11. Velichko, N.A. & SHanina, E.V. (2010). *Pishchevaya himiya: Ucheb. posobie*. Krasnoyarsk: Krasnoyarsk. gos. agrar. un-t. (In Russ.).

Information about the authors

Yul. Iv. Belyaninova - master's student of the Department of «Technologies for storage and processing of crop products» of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin.

A. A. Varivoda - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of «Technologies for storage and processing of crop products» of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin.

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

Статья поступила в редакцию 22.11.2021; одобрена после рецензирования 16.02.2022; принята к публикации 28.02.2022.

The article was received by the editorial board on 22 Nov 21; approved after reviewing on 16 Feb 22; accepted for publication on 28 Feb 22.



Научная статья
05.18.04 – Технология мясных, молочных и рыбных продуктов и холодильных производств (технические науки)
УДК663.674
doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.01.005

РАЗРАБОТКА МОРОЖЕНОГО ИЗ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ МОЛОКА С ПОВЫШЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ ВИТАМИНА С

**Анна Викторовна Борисова¹, Алина Николаевна Иванова²,
Надежда Валерьевна Чикова³, Екатерина Олеговна Бурлак⁴**

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

¹ anna_borisova_63@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0833-987X>

² b-nikak@mail.ru

³ nadya.chikova.97@mail.ru

⁴ k.broskev@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-5328-1799>

Аннотация. Актуальной является разработка функциональных продуктов питания, оказывающих положительное физиологическое воздействие на организм.

Цель работы: разработать сливочное мороженое из различных видов молока с функциональной добавкой – витамином С.

В качестве основных ингредиентов при разработке рецептуры мороженого были использованы: молоко коровье, молоко козье, молоко растительное овсяное, полученный с помощью бактериальной закваски «Наринэль» йогурт, сливки, молоко сухое цельное, сахар-песок, крахмал. Для придания функциональных свойств продукту использовали сироп шиповника. Функциональные свойства мороженого были подтверждены расчетным путем. Разработали 4 рецептуры мороженого. По физико-химическим показателям определяли взбитость и скорость таяния.

Взбитость составила 5,2 % в образце № 1, 10,7 % в образце № 2, 4,4 % в образце № 3, 6,5 % в образце № 4. Скорость таяния в образце № 1 – 19,7 мин, в образце № 2 – 17 мин, в образце № 3 – 15,5 мин, в образце № 4 – 20,2 мин.

Экспериментальные образцы были обогащены витамином С за счет содержания этого витамина в сиропе шиповника, также благодаря сладости сиропа образцы мороженого содержат меньше добавленного сахара. Образец № 3 содержит пищевые волокна в своем составе благодаря исходному основному ингредиенту – растительному овсяному молоку. В образце № 4 содержатся пробиотические культуры. Полученные результаты можно использовать для расширения ассортиментной линейки функциональных продуктов питания.

Ключевые слова: молочный продукт, мороженое, функциональный продукт, растительное молоко, сироп шиповника, пищевые волокна, пробиотики, мороженое йогуртовое.

Для цитирования: Разработка мороженого из различных видов молока с повышенным содержанием витамина С / А. В. Борисова [и др.]. // Ползуновский вестник. 2022. № 1. С. 39–46. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.01.005.

Original article

ICE CREAM FROM DIFFERENT TYPES OF MILK WITH VITAMIN C

Anna V. Borisova ¹, Alina N. Ivanova ², Nadezhda V. Chikova ³,
Ekaterina O. Burlak ⁴

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

¹ anna_borisova_63@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0833-987X>

² b-nikak@mail.ru

³ nadya.chikova.97@mail.ru

⁴ k.broskev@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-5328-1799>

Abstract. *The development of functional food products that have a positive physiological effect on the body is relevant.*

The purpose of the work: to develop a creamy ice cream from various types of milk with a functional additive - vitamin C.

The following were used as the main ingredients in the development of the ice cream recipe: cow's milk, goat's milk, vegetable oat milk, yogurt, cream, whole milk powder, granulated sugar, starch obtained with the help of the bacterial starter culture "Narinel". The functional properties of the ice cream were confirmed by calculation. We have developed 4 ice cream recipes. The physical and chemical parameters determined the churning and melting rate.

The whipping was 5.2% in sample №1, 10.7% in sample №2, 4.4% in sample №3, 6.5% in sample №4. The melting rate in sample №1 is 19.7 min, in sample №2 - 17 min, in sample №3 - 15.5 min, in sample №4 - 20.2 min.

The experimental samples were enriched with vitamin C due to the content of this vitamin in rosehip syrup, also due to the sweetness of the syrup, ice cream samples contain less added sugar. Sample №3 contains dietary fiber in its composition due to the original main ingredient - vegetable oat milk. Sample No. 4 contains probiotic cultures. The results obtained can be used to expand the product range of functional food products.

Keywords: *dairy product, ice cream, functional product, vegetable milk, rosehip syrup, dietary fiber, probiotics, yogurt ice cream.*

For citation: Borisova, A. V., Ivanova, A. N., Chikova, N. V. & Burlak, E. O. (2022). Ice cream from different types of milk with vitamin C. *Polzunovskiy vestnik*, (1), 39-46. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.01.005.

ВВЕДЕНИЕ

Функциональные продукты питания – это продукты нового поколения, обогащенные физиологически функциональными пищевыми ингредиентами для сохранения и улучшения здоровья. Функциональные продукты оказывают физиологическое воздействие: положительно влияют на одну или несколько функций организма, помогают предупредить его старение и снизить риск заболеваний неинфекционной природы.

Настоящее время характеризуется высокой популярностью здорового образа жизни и правильного питания. Мировой рынок функциональных продуктов в 2018 г. составил 69,60 млрд долл., он очень интенсивно развивается и к 2030 г., по прогнозам экспертов, превысит 94,21 млрд долл. [1]. Поэтому

производство функциональных продуктов на сегодняшний день является перспективным направлением. Ассортимент функциональных продуктов будет постоянно увеличиваться, т.к. данная ниша имеет большой спрос потребителей.

Перспективным направлением является использование в производстве современных молочных продуктов растительного сырья, так как в растениях содержится множество полезных биологически активных веществ (витамины, биофлавоноиды, антиоксиданты, дубильные вещества, макро- и микроэлементы). Сочетание молочной микрофлоры и биологически активных веществ экстрактов растений позволяют существенно расширить ассортимент функциональной продукции [2].

Плоды шиповника имеют большое значение как пищевое и лекарственное сырье,

ПОЛЗУНОВСКИЙ ВЕСТНИК № 1 2022

РАЗРАБОТКА МОРОЖЕНОГО ИЗ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ МОЛОКА С ПОВЫШЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ ВИТАМИНА С

содержащее достаточно много витаминов и других полезных веществ. В 100 г сухого шиповника содержится 1200–1800 мг витамина С. От этого витамина зависят многие обменные процессы, такие как скорость протекания ферментативных реакций, скорость заживания ран, степень защитных свойств организма от различных заболеваний. В плодах шиповника сравнительно много (0,7–9,6 мг %) β-каротина, обеспечивающего нормальную функцию зрения и состояние слизистых оболочек.

Плоды шиповника также богаты органическими кислотами (яблочной, лимонной) и пектиновыми веществами содержание которых колеблется от 2–14 %. Пектиновые вещества оказывают нормализующий эффект на деятельность желудочно-кишечного тракта и выводят шлаки и другие вредные вещества из организма человека. В 100 г сухих плодов помимо β-каротина и витамина С содержатся витамин А 434 мкг; витамин В₁, В₂, В₃ 0,05 мг, 0,13 мг, 0,7 мг; витамин Е 1,7 мг; витамин Р 0,6 мг; кальций 28 мг; магний 8 мг; натрий 5 мг; калий 23 мг; фосфор 8 мг; железо 1,3 мг; марганец 19 мг; медь 37000 мкг; цинк 1,1 мг; молибден 4330 мкг [3]. Таким образом, продукт, изготовленный с использованием шиповника, удовлетворит суточную потребность человеческого организма в витамине С и поможет восполнить запасы других элементов.

Актуальным и перспективным направлением в производстве молочных продуктов является использование козьего молока. Питательная ценность такого молока заметно выше, чем коровьего. Козье молоко относится к группе казеиновых, так же, как и коровье, но в козьем молоке практически не содержатся белки, являющиеся источником аллергических реакций. Причем высокое содержание бета-казеина и низкое содержание лактозы позволяет употреблять молоко людям, которые плохо переваривают коровье молоко. Высокое содержание ненасыщенных жирных кислот препятствует отложению холестерина на стенках сосудов и способствует повышению иммунитета. Кроме того, такое молоко выводит из организма соли тяжелых металлов и радионуклидов, содержит в своем составе кальций, магний, фосфор, марганец, медь и витамины А, В₁₂, С и D.

Основной состав козьего и коровьего молока очень похож с некоторыми отличиями. Козье молоко, как правило, имеет более высокий процент содержания сухих веществ, чем коровье молоко, а также белков, жиров и минеральных веществ. К примеру, по содержанию белка козье молоко почти не отлича-

ется от коровьего (в молоке коз – 13,57 %, коров – 11,36 %.) Но молоко коз отличается более высокой жирностью (5,23 %). Повышенная кислотность козьего молока (190 °Т) по сравнению с коровьим обусловлена более высоким содержанием белков. Одним из основных показателей, определяющих натуральность молока, является плотность. Козье молоко характеризуется более высокой плотностью. Это объясняется большим содержанием сухих веществ. Плотность козьего молока должна быть не менее 1028 кг/м³. Доминирующей казеиновой фракцией козьего молока является бета-казеин, тогда как казеины белков коровьего молока представлены главным образом альфа-S1-казеином. Основным сывороточным белком козьего молока является альфа-лактальбумин, а коровьего – бета-лактоглобулин. При этом казеиновые и сывороточные белки, в том числе и бета-лактоглобулины и альфа-лактальбумин козьего и коровьего молока, отличаются не только по фракционному составу, но и, что особенно важно, по своим структурным, физико-химическим свойствам [4]. Производство мороженого с использованием козьего молока позволит расширить ассортимент мороженого, а также повысит питательную ценность изготавливаемого продукта.

В последние годы в связи с возросшим числом случаев непереносимости лактозы молока на рынке появились новые продукты, заменяющие по своим вкусовым и физическим характеристикам молоко, так называемый бренд «немолоко», представляющий заменитель молока на растительной основе. Такой продукт является гипоаллергенным, низкокалорийным (по сравнению с коровьим молоком), а также содержит витамины, минеральные элементы, растительную клетчатку, что улучшает процесс метаболизма. Известны данные по миндальному и рисовому молоку, доказывающие их низкую калорийность, гипоаллергенность и потенциальную возможность оказывать положительный эффект на здоровье человека [5]. Исходя из вышесказанного, мороженое, изготовленное с использованием растительного молока, будет обладать более богатым химическим составом за счет наличия в нем клетчатки, витаминов и минеральных веществ.

Еще одним вариантом улучшения усвояемости молочного белка в мороженом может быть сквашивание молочной основы йогуртовой закваской. Институт питания Академии медицинских наук рекомендует до 50 % суточного количества молока ежедневно потреблять в виде диетических кисломолочных

продуктов [6]. Йогуртом называют кисломолочный продукт с повышенным содержанием сухих обезжиренных веществ молока, произведенный с использованием смеси заквасочных микроорганизмов – термофильных молочнокислых стрептококков и болгарской молочнокислой палочки, концентрация которых должна составлять не менее чем 10^7 КОЕ в 1 г продукта, с добавлением или без добавления различных немолочных компонентов.

Кисломолочные продукты, в том числе йогурты, в диетическом и лечебном питании по своим функциональным свойствам превосходят молоко. Они включают в себя все составные части молока в наиболее усвояемом виде.

Согласно суждениям профессиональных врачей, йогурты оказывают позитивное влияние на пищеварительную, эндокринную, мочеполовую и сердечно-сосудистую системы человеческого организма. Особенно йогурт может быть полезен детям, так как он улучшает усвоение кальция и фосфора, регулирует нарушения, вызванных недостатком минеральных солей, способствует лучшему усвоению витаминов, усиливает сопротивляемость организма ребенка к инфекционным заболеваниям. В состав йогурта входят высококачественные протеины, липиды, углеводы, минеральные соли и витамины [7].

Целью данной работы являлось изготовление 4 рецептур мороженого на основе различных видов молока с повышенным содержанием витамина С.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

В качестве ингредиентов при разработке рецептур мороженого были использованы:

Таблица 1 – Рецепт мороженого (на 100 г)

Table 1 - Recipe of ice cream (per 100 g)

Сырье	Масса сырья, г	В том числе, г			
		сахарозы	жира	СОМО	сухих веществ
1	2	3	4	5	6
Мороженое из коровьего молока					
Молоко коровье цельное	61,5	–	1,97	4,97	6,94
Сливки	11,7	–	3,86	0,67	4,52
Молоко сухое цельное	8,3	–	2,16	5,33	7,49
Сахар-песок	11,4	11,4	–	–	11,4
Крахмал	2,0	–	–	–	2,0
Сироп шиповника	5,0	3,5	–	–	3,5
ВСЕГО	99,9	14,9	7,99	10,97	35,85

- молоко коровье – жирность 3,2 %; пищевая ценность на 100 мл: 2,9 г белков, 3,2 г жиров, 4,7 г углеводов;

- молоко козье «Село Зелёное» – цельное, ультрапастеризованное, натуральное, жирность 2,8–5,6 %; пищевая ценность на 100 мл: 4,7 г углеводов, 3 г белков, 2,8–5,6 г жиров;

- растительное молоко «Nemoloko овсяное классическое» – жирность 3,2 %, не содержит добавленный сахар; пищевая ценность на 100 мл: 1 г белков, 3,2 г жиров, 6,5 углеводов, 3,9 г пищевых волокон, 0,1 г соли;

- сливки «Петмол» – жирность 33 %;

- молоко сухое цельное «ГОСТ» – жирность 26 %;

- сахар-песок;

- крахмал;

- йогурт, полученный из смеси мороженого на основе коровьего молока и закваски лиофилизированной «Наринэль»; бактериальный состав: *Lactococcus lactis subsp. cremoris*, *Lactococcus lactis subsp. lactis*, *Lactobacillus acidophilus* штаммы № 5е, № 3е, № 20Т, № 336, № 22n5;

- для придания функциональных свойств продукту использовали сироп из плодов шиповника; пищевая ценность на 100 мл: 31,8 г шиповника экстракта жидкого, 0,3 г аскорбиновой кислоты, 67,7 г сахара, 0,2 г лимонной кислоты моногидрата. Количество внесенного сиропа шиповника обусловлено расчетом ингредиента пищевого функционального для придания продукту функциональных свойств.

Рецептуры мороженого приведены в таблице 1. Йогурт готовили по такой же рецептуре смеси на основе коровьего молока.

РАЗРАБОТКА МОРОЖЕНОГО ИЗ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ МОЛОКА С ПОВЫШЕННЫМ
СОДЕРЖАНИЕМ ВИТАМИНА С

Продолжение таблицы 1 / Table1continued

1	2	3	4	5	6
Мороженое из козьего молока					
Молоко козье	63,6	–	2,69	5,1	7,57
Сливки	9,3	–	3,07	0,53	3,6
Молоко сухое цельное	8,6	–	2,24	5,58	8,0
Сахар-песок	11,4	11,4	–	–	11,4
Крахмал	2,0	–	–	–	2,0
Сироп шиповника	5,0	3,5	–	–	3,5
ВСЕГО	99,9	14,9	8,0	11,21	36,07
Мороженое из растительного молока					
Молоко растительное овсяное	59,6	–	1,91	–	6,5
Сливки	5,4	–	1,78	0,31	2,08
Молоко сухое цельное	16,6	–	4,32	10,67	14,98
Сахар-песок	11,4	11,4	–	–	11,4
Крахмал	2,0	–	–	–	2,0
Сироп шиповника	5,0	3,5	–	–	3,5
ВСЕГО	100	14,9	8,01	10,98	40,46

Приготовление йогурта

В 1 л смеси мороженого из коровьего молока, подогретого до $t = 36\text{--}38\text{ }^{\circ}\text{C}$, внесли закваску «Наринэль». Перемешали, выдерживали в термостате при $t = 36\text{--}38\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение 24 часов до образования плотного сгустка, каждые несколько часов проверяя показатель кислотности.

Приготовление мороженого

Подготовили смесь: молоко смешали со сливками и нагрели до $t = 37\text{ }^{\circ}\text{C}$. Сухие компоненты – сухое молоко, сахар-песок, крахмал – смешивали отдельно и вводили в смесь при той же температуре. Нагрели смесь до $t = 75\text{ }^{\circ}\text{C}$, выдерживали в течение 20 минут, непрерывно помешивая. Затем охлаждали до $t = 4\text{ }^{\circ}\text{C}$ и подвергали фризерованию, добавив в смесь сироп шиповника. Для фризирования был использован фризер итальянской марки Netox GELATO 5k SC, количество оборотов мешалки которого составляет 66 об/мин. При фризировании происходит насыщение мороженого воздухом, который равномерно распределяется по всей массе в виде пузырьков.

Определяли органолептические свойства полученного мороженого, такие как кон-

систенция, структура и вкус продукта, и визуально – внешний вид и цвет мороженого.

По физико-химическим показателям определяли взбитость и сопротивление мороженого таянию.

Метод определения взбитости мороженого по ГОСТ Р 52175-2003 основан на измерении масс фиксированного объема смеси, поступающей во фризер, и того же объема насыщенной воздухом смеси, выходящей из фризера, и расчете взбитости мороженого.

Скорость таяния мороженого определяли по следующей методике: образец мороженого отбирали специальным цилиндром и помещали на решетку, установленную над мерным цилиндром для измерения количества оттаявшей смеси. Сопротивление мороженого таянию характеризуется продолжительностью накопления 10 мл смеси, полученной при таянии мороженого при $t = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Изготовленное мороженое по рецептурам, указанным в таблице 1, позиционируется как функциональный продукт питания за счет введенного ингредиента пищевого функционального – витамина С. Суточная

потребность в витамине С составляет 90 мг. Продукт считается функциональным, если содержание ингредиента пищевого функционального составляет не менее 15 % от суточной потребности, в случае витамина С это составляет 13,5 мг. В рецептуру мороженого включается сироп шиповника в количестве 5 мл, содержащий 15 мг витамина С. Поскольку сироп вводится в смесь мороженого непосредственно при замораживании до минус 6 °С, авторами было принято допущение, что потери витамина С будут незначительными и приравнены к нулю. Согласно ГОСТ, витамин С обозначается как витамин С – Аскорбиновая кислота (А-II-1-БВДЕ ГОСТ Р 54059-2010). Аббревиатура свидетельствует о подтвержденных и научно обоснованных функциях витамина С в организме человека, в том числе выполнении функций поддержания уровня глюкозы в крови, способности оказывать антиоксидантное действие для сохранения структуры и функциональной активности ДНК, защиты полиненасыщенных

жирных кислот в мембранных липидах, сохранения структуры и функциональной активности белков, оказывать эффект поддержания деятельности сердечно-сосудистой системы за счет антиоксидантной защиты липидов клеточных мембран и липопротеидов, снижать риск развития остеопороза за счет обеспечения синтеза соединительной ткани, образующей каркас кости, обеспечивать системное иммуномодулирующее действие, антиоксидантную защиту, структурную и функциональную целостность мембран клеток иммунной системы [8-10].

При изготовлении йогурта из смеси мороженого из коровьего молока была использована закваска, содержащая пробиотические культуры *Lactobacillus acidophilus*, что дополнительно обогащает мороженое ингредиентом пищевым функциональным, способствующим поддержанию деятельности желудочно-кишечного тракта и иммунной системы. Изменение уровня кислотности йогурта в течение 24 часов представлено на рисунке 1.

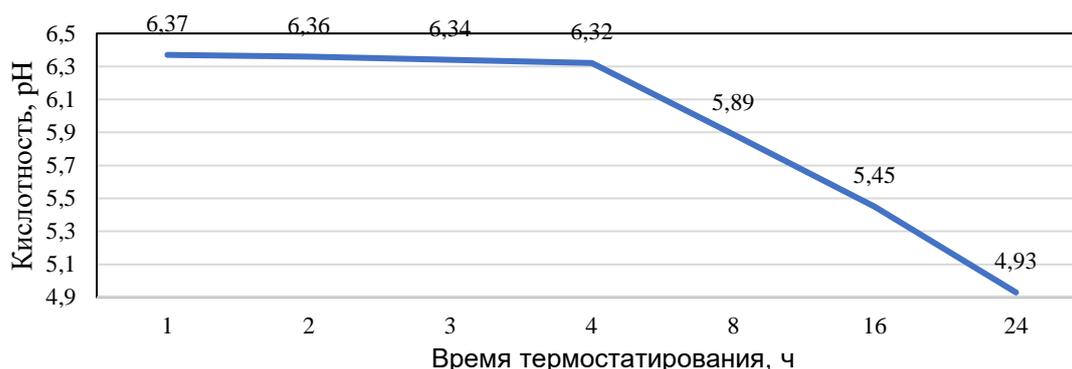


Рисунок 1 – Изменение уровня кислотности йогурта

Figure 1 – Changing the acidity level of yogurt

Результаты органолептической оценки мороженого представлены в таблице 2.

По органолептическим показателям полученные образцы мороженого имели приятный, сладкий вкус, однородную консистенцию

и равномерный светло-кремовый цвет (таблица 3). Для каждого вида мороженого характерен привкус основного использовавшегося ингредиента. Вкус сиропа шиповника не ощущался.

Таблица 2 – Органолептическая оценка образцов

Table 2 - Organoleptic analysis of samples

Образец	Консистенция	Вкус и запах	Цвет
1	2	3	4
№ 1 из коровьего молока	Однородная консистенция	Приятный, сладкий вкус с выраженным молочным ароматом и привкусом	Равномерный, светло-кремовый
№ 2 из козьего молока	Однородная консистенция	Приятный, сладкий вкус с выраженным козьим ароматом и привкусом	Равномерный, светло-кремовый
№ 3 из растительного молока	Однородная консистенция	Приятный, сладкий вкус, выраженный овсяный привкус	Равномерный, светло-кремовый

РАЗРАБОТКА МОРОЖЕНОГО ИЗ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ МОЛОКА С ПОВЫШЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ ВИТАМИНА С

Продолжение таблицы 1 / Table 1 continued

1	2	3	4
№ 4 из йогурта	Однородная консистенция	Сладкий и кисловатый вкус, выраженный приятный йогуртовый аромат и привкус	Равномерный, светло-кремовый

Таблица 3 – Полученные образцы мороженого

Table 3 - Obtained ice cream samples

			
Образец № 1 из коровьего молока	Образец № 2 из козьего молока	Образец № 3 из растительного молока	Образец № 4 из йогурта

Таблица 4 – Физико-химическая оценка образцов

Table 4 - Physico-chemical analysis of samples

Физико-химические показатели	Образцы			
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
Взбитость, %	5,2	10,7	4,4	6,5
Скорость таяния, мин	19,7	17	15,5	20,2

По физико-химическим показателям были получены данные, представленные в таблице 4.

Из таблицы 4 следует, что показатель взбитости в образце № 2 в два раза выше по сравнению со всеми остальными, это указывает на то, что больший процент жирности молока способствует большему насыщению смеси при ее взбивании. На данный показатель также влияет количество имеющихся в животном молоке белков, отчего можно сделать вывод, что в козьем молоке содержится много белков.

Практически равная скорость таяния у образцов № 1 и № 4, так как оба они изготовлены на основе из коровьего молока. Образцы при таянии сохраняли свою форму и плотную консистенцию в течение продолжительного времени. Показатель взбитости у образца на основе йогурта немного выше, чем у образца из коровьего молока за счет большей кислотности ингредиента.

Образец № 3 имеет наименьшую продолжительность таяния и низкий процент взбитости за счет отсутствия молочных белков – казеина и сывороточных белков, содержащихся как в коровьем, так и в козьем молоке – и присутствия не взбиваемых пищевых

волокон, отчего образец недолго сохранял свою форму.

Выработанное мороженое по данным рецептурам по органолептическим, физико-химическим показателям и показателям безопасности соответствует требованиям РТС 033/2013 Технический регламент Таможенного союза «О безопасности молока и молочной продукции».

ВЫВОДЫ

Каждый экспериментальный образец обогащен витамином С до содержания выше 15 % от суточной нормы для взрослых за счет его содержания в сиропе плодов шиповника и что также способствовало уменьшению количества добавляемого сахара при приготовлении мороженого. Образец № 3, приготовленный из овсяного растительного молока, помимо того содержит в своем составе полезные для организма пищевые волокна, которые отсутствуют в животном молоке, а в образце № 4 присутствуют пробиотические культуры, входящие в состав закваски.

Образец из козьего молока, по сравнению с другими образцами, имеет наибольший процент взбитости, что можно охарактеризо-

вать большим процентом насыщения мороженого воздухом и высоким количеством содержащихся молочных белков.

Образцы, приготовленные на основе коровьего молока и йогурта, в отличие от всех образцов, имеют высокую продолжительность таяния мороженого, тогда как у образца № 3 из овсяного растительного молока – самая наименьшая.

Таким образом, разработанные рецептуры позволяют снизить количества добавляемого сахара, обогатить мороженое витамином С, а также разнообразить вкусовой ряд полученных функциональных продуктов питания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ловкис З., Моргунова Е. Функциональные продукты питания // Наука и инновации. 2019. № 12. С. 13–17.
2. Borankulova A.S., Abdikaem U.D., Akhmet Z.S. Studies of the physico-chemical composition of the rosehip extract and syrup, obtained on the cottage cheese whey // Механика и технологии. 2019. № 3. С. 45–50.
3. Мажулина И.В., Тertychnaya Т.Н., Кривцова С.Н. Использование тритикалевой муки и плодов шиповника в технологии кефсов // Инновационные технологии и технические средства для АПК. 2015. С. 217–221.
4. Исследование качества козьего молока в соответствии с требованиями, предъявляемыми к коровьему молоку / З.К. Конарбаева, Ф.Ш. Кайназарова, Г.О. Кантурева, Д.М. Арапбаева // Вестник алматинского технологического университета. 2017. № 1. С. 28–31.
5. Дадым А.С. Растительное молоко – актуальный продукт нашего времени // Студенческая наука и XXI век. 2018. № 2–1. С. 69–71.
6. Догарева Н.Г., Ребезов М.Б. Йогурт – продукт лечебно-профилактического и специального питания // Университетский комплекс как региональный центр образования науки и культуры. 2017. С. 1566–1572.
7. Седых Е.Ю., Арнатovich А.С., Кабанова Т.В. Йогурт как продукт функциональной направленности // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства. 2018. № 20. С. 263–265.
8. ГОСТ Р 52349-2005. Продукты пищевые. Продукты пищевые функциональные. Термины и определения // М.: Издательство стандартов, 2016, 8 с.
9. ГОСТ Р 54059-2010. Продукты пищевые функциональные. Ингредиенты пищевые функциональные. Классификация и общие требования // М.: Издательство стандартов, 2019, 8 с.
10. МР 2.3.1.0253-21 Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации // М.: Роспотребнадзор, 2021, 36 с.

Информация об авторах

А. В. Борисова – кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология и организа-

ция общественного питания» Самарского государственного технического университета.

А. Н. Иванова, Н. В. Чикова, Е. О. Бурлак – магистранты факультета пищевых производств. Кафедра «Технология пищевых производств и биотехнология» Самарского государственного технического университета.

REFERENCES

1. Lovkis, Z. & Morgunova, E. (2019). The functional foods. Science and innovation, (12), 13-17. (In Russ.).
2. Borankulova, A.S., Abdikaem, U.D. & Akhmet, Z.S. (2019). Studies of the physico-chemical composition of the rosehip extract and syrup, obtained on the cottage cheese whey. Mechanics and technology, (3), 45-50. (In Russ.).
3. Mazhulina, I.V., Tertychnaya, T.N. & Krivtsova, S.N. (2015). The use of triticale flour and rosehip fruits in cupcake technology. Innovative technologies and technical means for agriculture, 217-221. (In Russ.).
4. Konarbaeva, Z.K., Kainazarova, F.Sh., Kantureva, G.O. & Arapbaeva, D.M. (2017). The research of the quality of goat's milk in accordance with the requirements for cow's milk. Almaty Technological University vestnik, (1), 28-31. (In Russ.).
5. Dadyam, A.S. (2018). Plant-based milk is an actual product of our time. Student Science and the XXI century, (2-1), 69-71. (In Russ.).
6. Dogareva, N.G. & Rebezov, M.B. (2017). Yogurt is a product of therapeutic and preventive and special nutrition. University complex as a regional center of education science and culture, 1566-1572. (In Russ.).
7. Sedykh, E.Yu., Amatovich, A.S. & Kabanova, T.V. (2018). Yogurt as product of functional orientation. Topical issues of improving the technology of production and processing of agricultural products, (20), 263-265. (In Russ.).
8. Foodstuffs. Functional foods. Terms and definitions (2007). HOST R 52349-2005 from 01 July 2007. Moscow : Izdatel'stvo standartov. (In Russ.).
9. Functional foods. Functional food ingredients. Classification and general requirements (2012). HOST R 54059-2010 from 01 Jan 2012. Moscow : Izdatel'stvo standartov. (In Russ.).
10. Norms of physiological needs in energy and nutrients for various population groups of the Russian Federation (2021). МР 2.3.1.0253-21 from 22 July 2021. Moscow: Rospotrebnadzor. (In Russ.).

Information about the authors

A. V. Borisova - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department "Technology and Organization of Public Catering" of Samara State Technical University.

A. N. Ivanova, N. V. Chirkova, E. O. Burlak - Master students of the Faculty of Food Production. The Department of "Food Production Technology and Biotechnology" of the Samara State Technical University.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 28.12.2021; одобрена после рецензирования 28.02.2022; принята к публикации 10.03.2022.

The article was received by the editorial board on 28Dec 21; approved after reviewing on 28 Feb 22; accepted for publication on 10 Mar 22.



Научная статья

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

УДК 636.03+636.2.034

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.01.006

СКРЕЩИВАНИЕ ЧЕРНО-ПЕСТРОЙ ПОРОДЫ КОРОВ – КАК СПОСОБ УЛУЧШЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МОЛОКА-СЫРЬЯ

Наталья Дмитриевна Родина ¹, Анна Павловна Симоненкова ²,
Екатерина Николаевна Демина ³, Екатерина Юрьевна Сергеева ⁴

^{1,4} Орловский государственный университет им. Н.В. Парахина, Орёл, Россия

^{2,3} Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева, Орёл, Россия

¹ natalia_rodina_6@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2512-9471>

² simonenkova1@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8780-4949>

³ deminakate1@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2441-1907>

⁴ katy31051979@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5427-2683>

Аннотация. В условиях промышленной технологии получения молочных продуктов высокого качества и рыночной экономики ведения молочного скотоводства к животным предъ-являются повышенные требования в отношении молочной продуктивности. К наиболее распространенным на территории России можно отнести черно-пеструю породу коров, численность которой составляет 57 % поголовья молочного скота. При этом самые низкие качественные показатели среди молочных пород отмечены именно в молоке коров черно-пестрой породы. Эффективным методом совершенствования продуктивных качеств этой породы животных можно считать скрещивание с другими породами, обладающими более высокими показателями продуктивности. В результате поглотительного и воспроизводительного скрещивания черно-пестрой породы коров с голштинскими можно добиться улучшения технологических характеристик молока. При этом установлено, что скрещивание целесообразно проводить до кровности 1/2 и 5/8 по голштинской породе с переходом на разведение «в себе». Выход молочного жира в обеих группах составил 162,5 и 167,4 кг соответственно, что на 29,5 и 34,4 кг больше в сравнении с чистопородными аналогами. У помесных коров, по сравнению с черно-пестрой, значительно увеличилась продолжительность лактации. Так, у коров черно-пестрой породы продолжительность первой лактации составила 305 суток, а у помесей от 1/4 до 7/8-кровности по голштинам – от 312 до 417 суток, 2-й лактации, соответственно, 302 и 306–369, 3-й – 302 и 315–372, 4-й – 310 и 315–366, 5-й – 300 и 303–405, 6-й и старше – 292 и 284–361 сутки.

Ключевые слова: скрещивание, молочная продуктивность, технологические характеристики молока, черно-пестрая порода коров, голштинская порода коров, высокопродуктивные животные.

Для цитирования: Взаимосвязь между технологическими характеристиками различных пород коров и качеством молока-сырья / Н. Д. Родина [и др.]. // Ползуновский вестник. 2022. № 1. С. 47–54. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.01.006.

Original article

RELATIONSHIP BETWEEN THE TECHNOLOGICAL CHARACTERISTICS OF DIFFERENT BREEDS OF COWS AND THE QUALITY OF RAW MILK

Natalya D. Rodina ¹, Anna P. Simonenkova ², Ekaterina N. Demina ³,
Ekaterina Y. Sergeeva ⁴

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

^{2,3} Orel State University named after I.S. Turgenev, Orel, Russia

¹ natalia_rodina_6@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8080-6941>

² simonenkova1@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8780-4949>

³ deminakate1@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2441-1907>

⁴ katy31051979@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5427-2683>

Abstract. *In the conditions of industrial technology for obtaining high-quality dairy products and the market economy of dairy cattle breeding, increased requirements are imposed on animals in terms of dairy productivity. The most common on the territory of Russia can be attributed to the black-and-white breed of cows, the number of which is 57% of the livestock of dairy cattle. At the same time, the lowest quality indicators, among dairy breeds, are noted in the milk of black-and-white cows. An effective method of improving the productive qualities of this breed of animals can be considered crossing with other breeds with higher productivity indicators. As a result of absorbing and reproducible crossing of a black-and-white breed of cows with Holstein, it is possible to improve the technological characteristics of milk. At the same time, it was found that it is advisable to crossbreed to blood 1/2 and 5/8 for the Holstein breed with the transition to self-management. The yield of milk fat in both groups was 162.5 and 167.4 kg, respectively, which is 29.5 and 34.4 kg more in comparison with purebred analogues. In crossbred cows, compared with the black-and-white, the duration of lactation has significantly increased. So, in black-and-white cows, the duration of the first lactation was 305 days, and in crossbreeds from 1/4 to 7/8 of Holstein blood - from 312 to 417 days, the 2nd lactation, respectively, 302 and 306 - 369, the 3rd - 302 and 315 - 372, the 4th - 310 and 315 - 366, the 5th - 300 and 303 - 405, the 6th and older - 292 and 284 - 361 days.*

Keywords: *crossing, milk productivity, technological characteristics of milk, black-and-white breed of cows, Holstein breed of cows, highly productive animals.*

For citation: Rodina, N. D., Simonenkova, A. P., Demina, E. N. & Sergeeva, E. Y. (2022). Relationship between the technological characteristics of different breeds of cows and the quality of raw milk. *Polzunovskiy vestnik*, (1), 47-54. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.01.006.

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы молочная промышленность нашей страны становится все более крупной и перспективной отраслью, имеющей большую важность для потребителя. Во многом это объясняется тем, что молоко и молочная продукция относятся к товарам всемирного потребления и занимают 22 % от всех пищевых позиций первой необходимости. При этом потребители предъявляют все более высокие требования к качеству молочных продуктов, а, следовательно, и к производителям молока. Пребывая в условиях повышенной конкуренции, сельхозтоваропроизводителям необходимо направлять свои уси-

лия в сторону интенсивного использования ресурсов [13]. Основным инструментом повышения конкурентоспособности молокоперерабатывающих предприятий выступает качество и безопасность исходного молока-сырья [1]. Процессы производства и переработки молока взаимосвязаны. Эффективность работы производственных предприятий зависит от сельскохозяйственных компаний, специализирующихся на производстве сырого молока. Производство молока высокого качества – задача, требующая решения зоотехнических, ветеринарных, технологических и экономических вопросов. К обобщенным показателям качества молока-сырья, пригодного к промышленной переработке, можно от-

СКРЕЩИВАНИЕ ЧЕРНО-ПЕСТРОЙ ПОРОДЫ КОРОВ – КАК СПОСОБ УЛУЧШЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МОЛОКА-СЫРЬЯ

нести набор определенных органолептических, физико-химических и микробиологических показателей, регулируемых ГОСТ Р 52054-2003 «Молоко коровье сырое. Технические условия». При этом следует учитывать, что количественное и качественное содержание ключевых компонентов молока, имеющих значение в технологии различных молочных продуктов, зависит от породы животного, индивидуальных особенностей, его физиологического состояния.

К наиболее распространенным породам коров на территории России можно отнести черно-пеструю породу, занимающую 57 % поголовья молочного скота. В то время как на долю коров симментальской, холмогорской и красно-пестрой пород приходится не более 6–7 % [2]. Несмотря на то, что в целом животные черно-пестрой породы характеризуются достаточно высокой живой массой (550–650 кг), хорошей продуктивностью (до 5–6 тыс. кг молока) и жирностью получаемого молока (3,5–3,7 %), по содержанию белка молоко этой породы коров уступает молоку, продуцируемому такими породами, как ярославская, джерсейская, костромская [3]. Кроме того, животные черно-пестрой породы не всегда пригодны к машинному доению [4].

В этой связи сельхозпроизводители молока, пребывая в условиях постоянно растущей конкуренции на рынке молочной продукции, должны быть ориентированы не только на максимальное получение прибыли, но и на усиление влияния на качество молока паратипических показателей, как факторов, гарантированно увеличивающих рентабельность молочного производства. Одним из путей улучшения продуктивных качеств пород сельскохозяйственных животных является скрещивание их с другими породами, обладающими более высокими показателями продуктивности [5].

Скрещивание служит хорошим средством объединения в помесях признаков исходных форм (пород); обогащения наследственных возможностей помесных животных, повышения их жизнеспособности и продуктивности. В результате скрещивания помесные коровы имеют достаточно высокую жи-

вую массу, отличаются от исходных более высокими удоями, при примерно одинаковой или несколько пониженной жирности молока [6]. С середины XX века улучшение продуктивных качеств отечественного черно-пестрого скота длительное время проводилось путем скрещивания его с голштинской породой, завозимой из США, Канады, Германии, Англии и других европейских стран. Во многом это обусловлено тем, что данная порода характеризуется высоким уровнем удоя (в среднем 4790 кг), средними значениями массовой доли белка, продолжительности свертывания молока (около 26 минут), термоустойчивости (I–II группа) и кислотности (в пределах 17 °Т) [7, 8]. И с каждым годом в Российской Федерации количество голштинизированного скота продолжает увеличиваться. В настоящее время на территории России практически нет ни одной заводской породы, которая бы не была подвергнута скрещиванию с голштинской. Анализ литературных данных показывает, что использование голштинской породы при скрещивании с черно-пестрой способствует существенному повышению молочной продуктивности и созданию крупных стад высокопродуктивных животных [9, 10]. Вместе с тем, тенденция к значительному увеличению поголовья голштинского скота и его помесей в ряде европейских стран, по мнению Buchberder J., Zibson J.P. et al., становится причиной устойчивой тенденции ухудшения сыродельческих свойств товарного молока [11]. Учитывая вышесказанное, нами были проведены исследования, позволяющие оценить взаимосвязь между технологическими характеристиками различных чистокровных и помесных пород коров, полученных при плотительном и воспроизводительном скрещиваниях и качеством получаемого молока.

МЕТОДЫ

Исследования вели на основании данных зоотехнического и племенного учета по чистопородным черно-пестрым и помесным коровам (Орловская область). Объем выборки составил 582 головы (таблица 1).

Таблица 1 – Матрица эксперимента, количество исследуемых коров

Table 1 - Experiment matrix, the number of cows studied

Лактационный период	Кровность по голштинской породе								
	О. черно-пестрая	1/4	1/2	1/2 «в себе»	5/8	5/8 «в себе»	3/4	3/4 «в себе»	7/8
Количество коров, n									
1 лактация	108	18	144	30	30	58	110	44	70
2 лактация	103	16	131	25	30	50	98	34	55
3 лактация	92	12	113	21	21	38	78	24	48
4 лактация	77	9	77	13	15	28	42	18	31
5 лактация	58	4	57	13	10	15	24	12	19
6 лактация	35	3	29	12	5	9	11	9	15

У исследуемых коров определялась молочная продуктивность за все лактации, содержание жира в молоке за 305 дней и количество дней удоя за полную лактацию. Молоко опытных животных анализировали по физико-химическим показателям, имеющим значение в технологии молочных продуктов по общепринятым методикам. Эксперименты на животных проводились в соответствии с Руководством по содержанию и уходу за лабораторными животными [12].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Молочная продуктивность помесных животных зависит не только от уровня продуктивности стада, но и от степени кровности их по улучшающей породе, следовательно, одним из основных показателей, характеризующих эффективность скрещивания черно-пестрой породы с голштинской разной кровности, являются величина удоя и качество молока (рисунок 1).

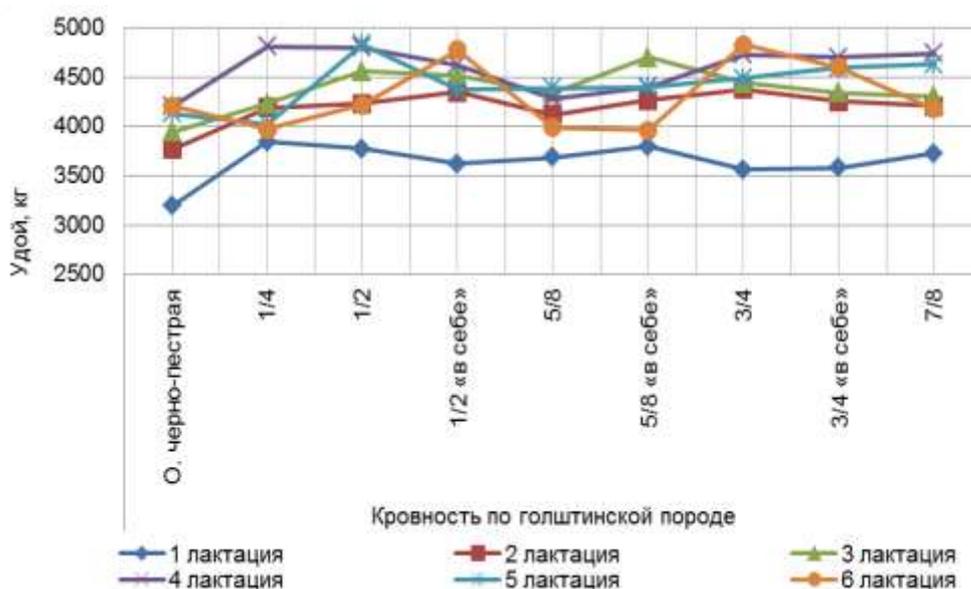


Рисунок 1 – Величина удоя молока коров черно-пестрой породы с голштинской

Figure 1 - The value of milk yield of cows of black-and-white breed from Holstein

За 305 дней лактации удой помесных коров разной кровности увеличился по сравнению с черно-пестрыми. Так, у коров черно-пестрой породы удой за первую лактацию составил 3188 кг, а у помесей он колебался от 3576 до 3842 кг молока ($P = 0,99$). С повышением лактационного периода преимуще-

ство помесей перед чистопородными сохранялось вплоть до 4-ой лактации. При этом к 6-ой лактации у 1/4 – и 5/8-кровных животных, удои были ниже, чем у чистопородных черно-пестрых коров. Сравнивая удои у помесных коров разных генотипов, наиболее высокие удои молока были зафиксированы за 1-ую

СКРЕЩИВАНИЕ ЧЕРНО-ПЕСТРОЙ ПОРОДЫ КОРОВ – КАК СПОСОБ УЛУЧШЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МОЛОКА-СЫРЬЯ

лактацию у 1/4-кровных коров, за 2-ую – у 3/4-кровных, за 3-ю – у 5/8-кровных «в себе», за 4-ю и 5-ю – у 1/2-кровных и за шестую – у 3/4-кровных особей. Независимо от метода скрещивания, более высокие удои наблюдались у помесей, имеющих от 1/2 до 3/4 доли крови голштинской породы. Помесные животные с 7/8 долями крови голштинов практиче-

ски не имели преимуществ перед животными с меньшей долей крови.

Изучение продолжительности лактационного периода у животных разных генотипов показало, что у коров черно-пестрой породы он находился в пределах нормы и за разные лактации составлял от 292 до 310 суток (рисунок 2).

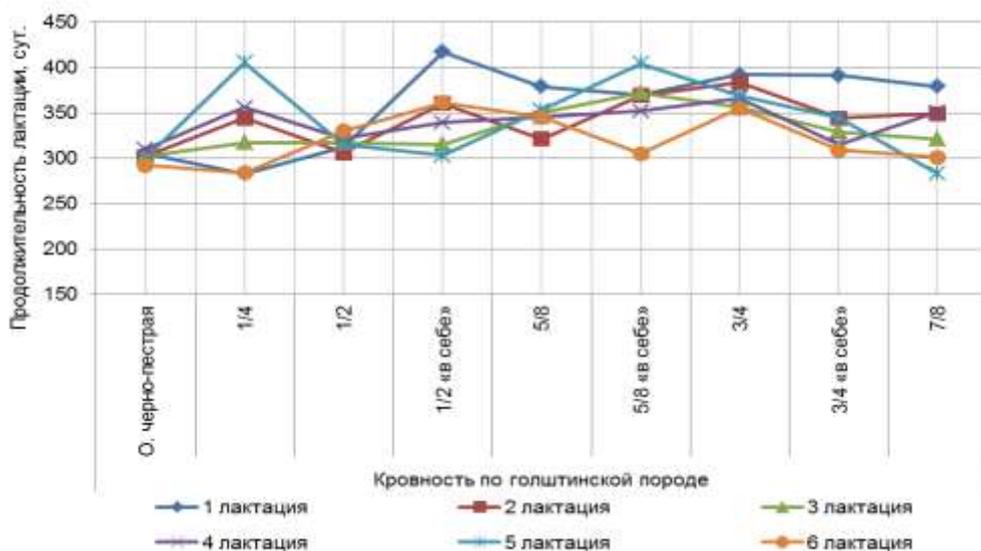


Рисунок 2 – Продолжительность лактации помесных коров

Figure 2 - Duration of lactation of crossbred cows

Для большинства помесных коров лактационный период составил не менее 305 суток. С повышением у коров доли крови голштинской породы продолжительность лактации возросла и достигала 400 суток и более. Установленные закономерности являются следствием удлинения сервис-периода.

Важным показателем молочной продуктивности коров является содержание и количество жира в молоке за лактацию (таблица 2).

Установлено, в изучаемом стаде при скрещивании черно-пестрого скота с голштинским содержание жира в молоке помесных коров заметно возросло (от 3,80 до 4,02 %), что можно объяснить тем, что при скрещивании коровы в основном оплодотворялись спермой быков, имевших жирномолочных предков по отцовской и материнской линиям.

Скрещивание черно-пестрой породы коров с голштинами привело к тому, что существенно возрос и выход молочного жира за лактацию (при P от 0,95 до 0,99). Максимальный выход жира (190,5 кг) был зафиксирован у 3/4-кровных помесей по шестой лактации. Из общего числа помесных коров более высокий выход молочного жира (149,9 и 149,4 кг) за первую лактацию имели 1/4 и 7/8-кровные животные, за вторую (172,2 кг) – 1/2-кровные «в себе», за третью – (188,2) – 5/8-кровные «в себе», за четвертую (183,6 кг) – 3/4-кровные, за пятую (187,8) – 1/2-кровные и за шестую (190,9 кг) – 3/4-кровные. Следует отметить, что у помесных коров разных генотипов выход молочного жира за лактацию в большей степени зависит от уровня удоя, чем от жирности молока.

Таблица 2 – Содержание и выход жира в молоке коров разных генотипов, х±m

Table 2 - Fat content in milk of cows of different genotypes, х±m

Показатели	Кровность по голштинской породе								
	О. Черно-пестрая	1/4	1/2	1/2 «в себе»	5/8	5/8 «в себе»	3/4	3/4 «в себе»	7/8
1 лактация									
Содержание жира, %	3,62 ±0,03	3,85 ±0,06	3,88 ±0,04	3,93 ±0,05	3,95 ±0,04	3,88 ±0,03	3,88 ±0,024	3,96 ±0,041	3,95 ±0,04
Сv, %	8,53	6,8	7,8	7,0	6,0	5,4	6,6	7,0	8,2
Выход жира, кг	115,2 ±2,6	149,9 ±9,6	143,1 ±3,5	144,8 ±5,3	145,5 ±6,6	144,8 ±3,5	140,1 ±2,6	140,2 ±3,8	149,4 ±4,3
Сv, %	23,6	27,1	21,3	20,0	24,2	18,4	19,4	17,9	23,8
2 лактация									
Содержание жира, %	3,67 ±0,027	3,86 ±0,085	3,90 ±0,044	3,92 ±0,06	3,77 ±0,04	3,96 ±0,04	3,90 ±0,027	3,87 ±0,043	3,92 ±0,03
Сv, %	7,5	8,8	7,8	7,5	6,8	7,1	6,9	6,4	5,8
Выход жира, кг	137,7 ±3,1	163,3 ±10,8	163,4 ±4,2	172,2 ±6,6	158,0±5,3	169,4 ±6,3	169,7 ±3,8	166,0 ±4,6	165,8±5,3
Сv, %	22,7	26,4	21,2	19,4	17,6	26,4	22,4	16,0	23,8
3 лактация									
Содержание жира, %	3,71 ±0,034	3,89 ±0,064	3,85 ±0,04	4,01 ±0,05	3,87 ±0,05	4,02 ±0,05	3,94 ±0,034	3,99 ±0,041	3,89 ±0,04
Сv, %	8,1	6,0	5,4	5,7	5,6	7,3	7,4	5,0	6,7
Выход жира, кг	148,5 ±4,2	167,2 ±10,3	172,8 ±4,5	181,3 ±6,6	172,1 ±5,8	188,2 ±5,7	172,7 ±3,3	175,0 ±6,5	165,7 ±5,0
Сv, %	24,6	23,9	19,6	16,8	15,6	18,7	16,9	18,3	20,8
4 лактация									
Содержание жира, %	3,72 ±0,037	3,95 ±0,086	3,80 ±0,05	3,87 ±0,08	3,92 ±0,06	4,02 ±0,05	3,82 ±0,038	3,84 ±0,039	3,92 ±0,05
Сv, %	8,6	6,3	8,5	7,9	6,0	6,3	6,5	4,3	7,3
Выход жира, кг	154,6 ±3,5	190,5 ±13,6	182,8 ±6,5	176,7 ±10,4	163,6 ±8,4	167,4 ±8,5	180,6 ±6,2	180,6 ±6,2	188,7 ±4,5
Сv, %	19,7	21,4	23,2	21,3	19,2	24,4	18,1	14,5	13,6
5 лактация									
Содержание жира, %	3,70 ±0,040	3,95 ±0,020	3,88 ±0,06	4,02 ±0,04	4,09 ±0,014	4,01 ±0,08	3,83 ±0,057	3,95 ±0,070	3,91 ±0,08
Сv, %	8,4	8,3	7,8	9,1	10,5	8,1	7,3	6,2	9,0
Выход жира, кг	153,5 ±4,7	159,5 ±23,5	187,8 ±7,5	175,5 ±9,0	175,2 ±7,5	183,2 ±8,1	177,7 ±8,6	178,5 ±8,2	179,0 ±8,2
Сv, %	23,4	29,5	21,2	14,3	13,6	17,1	23,6	15,8	20,9
6 лактация									
Содержание жира, %	3,68 ±0,043	3,70 ±0,032	3,82 ±0,07	3,98 ±0,06	3,89 ±0,09	3,90 ±0,012	3,97 ±0,096	3,94 ±0,078	3,76 ±0,08
Сv, %	6,7	4,5	5,4	4,8	5,3	8,5	8,1	5,9	8,5
Выход жира, кг	150,7 ±4,8	137 ±12,0	161,7 9,3	189,1 ±6,6	146,0 ±18,7	142,0 ±12,9	190,5 ±7,9	182,1 ±10,2	159,3 ±11,6
Сv, %	18,9	15,4	21,7	12,2	28,7	27,3	13,8	16,8	30,9

СКРЕЩИВАНИЕ ЧЕРНО-ПЕСТРОЙ ПОРОДЫ КОРОВ – КАК СПОСОБ УЛУЧШЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МОЛОКА-СЫРЬЯ

ВЫВОДЫ

Использование голштинских быков в стаде черно-пестрого скота позволило значительно повысить молочную продуктивность коров. Помесные коровы превосходили черно-пестрых по удою за первые три лактации в среднем на 400–700 кг. Содержание жира в молоке в среднем за три лактации у помесей разной кровности колебалось от 3,76 %, у животных с кровностью 1/4 по голштинской породе до 3,97 % у коров 3/4-кровных по голштинской породе полученных от разведения «в себе», против 3,63 % у коров черно-пестрой породы. Значительно увеличилась продолжительность лактационного периода. Так, у коров черно-пестрой породы продолжительность первой лактации составила 305 суток, а у помесей от 1/4 до 7/8-кровности по голштинам – от 312 до 417 суток, 2-й лактации соответственно, 302 и 306–369, 3-й – 302 и 315–372, 4-й–310 и 315–366, 5-й – 300 и 303–405, 6-й и старше – 292 и 284–361 сутки. С возрастом продолжительность лактационного периода несколько снижается.

Помесные животные разной кровности, полученные от разведения «в себе», практически не уступали по продуктивности аналогам такой же кровности, полученным путем поглотительного скрещивания, что дает возможность проводить селекционную работу среди помесей с невысокой долей крови по голштинской породе.

Таким образом, предложенная система ведения молочного скотоводства и переработки молока позволит повысить конкурентоспособность как производства молока сырого, так и конечных молочных продуктов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Протасова Л.Г. Обеспечение качества и безопасности сырья для молочной продукции // Индустрия питания // Food Industry. 2018. Т. 3. № 2. С. 39–43. DOI: 10.29141/2500-1922-2018-3-2-6.
2. Сангаева А.В., Склярская Т.В. Молочная продуктивность и воспроизводительные качества коров разного возраста // Сельскохозяйственные науки : ветеринария и зоотехния. 2019. № 57. С. 71–79. DOI 10.24411/2078-1318-2019-14071.
3. Гончарова Л.Н. Молочная продуктивность и воспроизводительная способность голштинизированных коров черно-пестрой породы в зависимости от линейного происхождения // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2017. № 4 (150). С. 91–95.
4. Фирсова Э.В., Карташова А.П. Основные породы молочного скота в хозяйствах Российской Федерации // Сельскохозяйственные науки: ветеринария и зоотехния. 2019. № 55. С. 69–75. DOI 10.24411/2078-1318-2019-12069.

POLZUNOVSKIY VESTNIK № 1 2022

5. Контарева В.Ю. Систематизация факторов, влияющих на конкурентоспособность молочной продукции // Техника и технология пищевых производств. 2015. Т. 39. № 4. С. 157–161.

6. Шушпанова К.А., Татаркина Н.И. Продуктивность коров голштинской породы // Вестник Курганской ГСХА. 2020. № 2. С. 44–47.

7. Свяженина М.А. Влияние голштинизации на селекционно-генетические показатели крупного рогатого скота чёрно-пёстрой породы // АгроЭко-Инфо. 2018. № 4 (34). С. 38.

8. Вострилов А.В., Хромова Л.Г., Байлова Н.В. Порода как фактор повышения интенсификации производства продукции скотоводства // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2008. № 3–4 (18–19). С. 40–46.

9. Родина Н.Д. Воспроизводительная функция и продолжительность продуктивного использования помесей черно-пестрой породы с голштинской : дис...канд. техн. наук. Курск, 2005. 153 с.

10. Степанов Д.В., Сеин О.Б., Родина Н.Д. Молочная продуктивность голштинизированных черно-пестрых коров разных генотипов // Вестник ОрелГАУ. 2007. № 1. С. 19–22.

11. Соболева Н.В., Кузнецова А.В., Карамеев С.В. Качество твердых сортов сыра в зависимости от породы коров и сезона года // Известия Нижневолжского агроуниверситетского корпуса : наука и высшее профессиональное образование. 2010. № 3 (19). С. 109–114.

12. ГОСТ 33215-2014 «Правила оборудования помещений и организации процедур». М. : Стандартинформ, 2019. 20 с.

13. Колобова А.И., Косинцева О.А. Конкурентоспособность производства молока // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. № 4 (66). 2010. С. 96–101.

Информация об авторах

Н. Д. Родина – кандидат технических наук, доцент кафедры «Продукты питания животного происхождения» Орловского государственного аграрного университета им. Н.В. Парахина.

А. П. Симоненкова – кандидат технических наук, зав. кафедрой технологии продуктов питания и организации ресторанного дела Орловского государственного университета им. И.С. Тургенева.

Е. Н. Демина – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии продуктов питания и организации ресторанного дела Орловского государственного университета им. И.С. Тургенева.

Е. Ю. Сергеева – кандидат технических наук, доцент кафедры «Продукты питания животного происхождения» Орловского государственного аграрного университета им. Н.В. Парахина.

REFERENCES

1. Protasova, L.G. (2018). Ensuring the quality and safety of raw materials for dairy products *Food industry/Food Industry*. Vol. 3. (2) 39-43. (In Russ.). DOI: 10.29141/2500-1922-2018-3-2-6.
2. Sangaeva, A.V. & Sklyarskaya, T.V. (2019). Milk productivity and reproductive qualities of cows of different ages *Agricultural sciences: veterinary and animal science*, (57) 71-79. (In Russ.). DOI: 10.24411/2078-1318-2019-14071.
3. Goncharova, L.N. (2017). Milk productivity and reproductive capacity of holstein-zated cows of black-and-white breed depending on linear origin *Bulletin of the Altai State Agrarian University*, Vol. 150 (4), 91-95. (In Russ.).
4. Firsova, E.V. & Kartashova, A.P. (2019). The main breeds of dairy cattle in the farms of the Russian Federation *Agricultural sciences: veterinary and animal science*, (55), 69-75. (In Russ.). DOI 10.24411/2078-1318-2019-12069.
5. Kontareva, V.Yu. (2015). Systematization of factors affecting the competitiveness of dairy products *Technique and technology of food production*. Vol. 39. (4), 157-161. (In Russ.).
6. Shushpanova, K.A. & Tatarikina, N.I. (2020). Productivity of Holstein cows *Bulletin of the Kurgan State Agricultural Academy*, (2), 44-47. (In Russ.).
7. Svyazenina, M.A. (2018). The influence of Holstein on the breeding and genetic indicators of black-and-white cattle *Agro-Ekoinfo*, Vol. 34 (4), 38. (In Russ.).
8. Vostrilov, A.V., Khromova, L.G. & Baylova, N.V. (2008). Breed as a factor of increasing the intensification of livestock production *Bulletin of the Voronezh State Agrarian University*. No.3-4 (18-19). pp.40-46. (In Russ.).
9. Rodina, N.D. (2005). Reproductive function and duration of productive use of black-and-white breed crossbreeds with Holstein. Dis. Candidate of Technical Sciences. Kursk. (In Russ.).
10. Stepanov, D.V., Sein, O.B. & Rodina, N.D. (2007). Dairy productivity of holstinized black-and-white cows of different genotypes *Vestnik OreI GAU*, (1), 19-22. (In Russ.).
11. Soboleva, N.V., Kuznetsova, A.V. & Karamaev, S.V. (2010). The quality of hard cheese varieties depending on the breed of cows and the season of the year *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo korpsa: nauka i higher professional education*. No. 3 (19). pp. 109-114. (In Russ.).
12. Rules of equipment of premises and organization of procedures. (2019). ГОСТ 33215-2014 Moscow: Standartinform 2019. (In Russ.).
13. Kolobova A.I. & Kosintseva O.A. (2010) Competitiveness of milk production *Bulletin Altai State Agrarian University* No 4 (66) 96-101. (In Russ.).

Information about the authors

N. D. Rodina - candidate of technical Sciences, associate Professor of the Department "Food products of animal origin" of the Orel State Agrarian University named after N.In. Parakhina.

A. P. Simonenkova - candidate of technical Sciences, head. Department of food technology and organization of restaurant business of the Orel State University named after I.S. Turgenev.

E. N. Demina - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of food technology and organization of restaurant business of the Orel State University named after I.S. Turgenev.

E. Y. Sergeeva – candidate of technical Sciences, associate Professor of the Department "Food products of animal origin" of the Orel State Agrarian University named after N.In. Parakhina.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в реакцию 17.12.2021; одобрена после рецензирования 17.02.2022; принята к публикации 28.02.2022.

The article was received by the editorial board on 17 Dec 21; approved after reviewing on 17 Feb 22; accepted for publication on 28 Feb 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.2072-8921.2022.01.007

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ ЗЛАКОВЫХ КУЛЬТУР В ПРОИЗВОДСТВЕ МОЛОКОСОДЕРЖАЩЕГО ПРОДУКТА С ЗАМЕНИТЕЛЕМ МОЛОЧНОГО ЖИРА, ПРОИЗВЕДЕННОГО ПО ТЕХНОЛОГИИ ПЛАВЛЕНОГО СЫРА

Михаил Павлович Щетинин¹, Наталья Сергеевна Золотухина²,
Елена Михайловна Щетинина³

^{1, 2, 3} Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, Барнаул, Россия

¹ m_p_sh1953@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9229-9251>

² zolotyhina.ns@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6423-2850>

³ schetinina2014@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3463-9502>

Аннотация. В Российской Федерации, особенно на территории Алтайского края, актуален вопрос расширения сферы применения зерновых культур из-за высокой урожайности, пищевой ценности, возможности использования в различных отраслях пищевой промышленности благодаря уникальным технологическим свойствам, которые не теряются в процессе производства. Одним из перспективных направлений использования является производство молочной продукции с использованием зерновых культур, так как одним из лидирующих сегментов экономики Алтайского края является производство именно молочных продуктов, особенно сыров. Из зерновых культур наибольшую популярность среди населения получили овсяная, кукурузная, перловая, манная, полтавская крупы и рис. Все они содержат значительное количество крахмала и клетчатки, в связи с чем изделия из них легко перевариваются и наиболее полно усваиваются. В статье представлена сравнительная характеристика зерновых культур по содержанию белка и крахмала. С целью определения оптимального вида злаковой культуры, который в наибольшей степени подходит для производства молокосодержащего продукта с заменителем молочного жира, произведенного по технологии плавленого сыра, проводились экспериментальные выработки. В качестве злакового компонента рассматривали манную крупу, овсяную, пшеничную, кукурузную и рисовую муку. В результатах представлены оптимальные варианты для производства продукта.

Ключевые слова: молочная промышленность, зерновые культуры, плавленый сыр, овсяная крупа, манная крупа, кукурузная мука, пшеничная мука, рисовая мука.

Для цитирования: Щетинин, М. П., Золотухина, Н. С., Щетинина, Е. М. Перспективы использования продуктов переработки злаковых культур в производстве молокосодержащего продукта с заменителем молочного жира, произведенного по технологии плавленого сыра // Ползуновский вестник. 2022. №1. С. 55–59. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.01.007.

Original article

PROSPECTS OF USING CEREAL CROPS PROCESSING PRODUCTS IN PRODUCTION OF A MILK-SOFT PRODUCT WITH A MILK FAT SUBSTITUTE PRODUCED BY PRODUCED CHEESE TECHNOLOGY

Mikhail P. Shchetinin ¹, Natalia S. Zolotukhina ², Elena M. Shchetinina ³

^{1, 2, 3} Polzunov Altai State Technical University, Barnaul, Russia

¹ m_p_sh1953@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9229-9251>

² zolotyhina.ns@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6423-2850>

³ schetinina2014@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3463-9502>

Abstract. *In the Russian Federation, especially on the territory of the Altai Territory, the issue of expanding the scope of application of grain crops is relevant due to high yields, nutritional value, the possibility of using in various branches of the food industry due to unique technological properties that are not lost during the production process. One of the promising areas of use is the production of dairy products using grain crops, since one of the leading segments of the economy of the Altai Territory is the production of dairy products, especially cheese. Of the grain crops, the most popular among the population were oat, corn, pearl barley, semolina, Poltava cereals and rice. All of them contain a significant amount of starch and fiber, and therefore, products made from them are easy to digest and most fully assimilated. The article presents a comparative characteristic of grain crops in terms of protein and starch content. In order to determine the optimal type of cereal crop, which is most suitable for the production of a milk-containing product with a milk fat substitute, produced using processed cheese technology, experimental developments were carried out. Semolina, oatmeal, wheat, corn and rice flour were considered as a cereal component. The results show the best options for producing the product.*

Keywords: *dairy industry, grain crops, processed cheese, oat groats, semolina, corn flour, wheat flour, rice flour.*

Forcitation: Shchetinin, M. P., Zolotukhina, N. S. & Shchetinina, E. M. (2022). Prospects of using cereal crops processing products in production of a milk-soft product with a milk fat substitute produced by produced cheese technology. *Polzunovskiy vestnik*, (1), 55-59. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.01.007.

ВВЕДЕНИЕ

Российский рынок плавленого сыра имеет потенциал роста, обусловленный интересом пищевой промышленности, в том числе HoReCa, системой общественного питания Fast-food, а также изменением структуры питания, которая связана с урбанизацией населения, социально-экономическими факторами и повышенным вниманием к здоровому образу жизни, в том числе правильному питанию. Рост потребления сырной продукции напрямую связан с ростом понимания у потребителя ее высокой пищевой ценности, а именно – высокого содержания белка и кальция и возможностью использовать в качестве сырья широкий спектр ингредиентов животного и растительного происхождения. Учитывая данную тенденцию, большой интерес пред-

ставляет изучение многокомпонентных продуктов, позволяющих в своем составе использовать ингредиенты, которые обладают способностью корректировать пищевую и биологическую ценности [1].

В Российской Федерации, особенно на территории Алтайского края, актуален вопрос расширения сферы применения зерновых культур из-за высокой урожайности, пищевой ценности, возможности использования в различных отраслях пищевой промышленности благодаря уникальным технологическим свойствам, которые не теряются в процессе производства. Одним из перспективных направлений использования является производство молочной продукции с использованием зерновых культур, так как одним из лидирующих сегментов экономики Алтайского

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ ЗЛАКОВЫХ КУЛЬТУР В ПРОИЗВОДСТВЕ МОЛОКОСОДЕРЖАЩЕГО ПРОДУКТА С ЗАМЕНИТЕЛЕМ МОЛОЧНОГО ЖИРА, ПРОИЗВЕДЕННОГО ПО ТЕХНОЛОГИИ ПЛАВЛЕНОГО СЫРА

края является производство именно молочных продуктов, особенно сыров [6–10].

При использовании растительного сырья в качестве источника обогащения продукта биологическими веществами необходимо гарантировать качество и безопасность выпускаемого продукта [2, 3].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Из зерновых культур наибольшую популярность среди населения получили овсяная, кукурузная, перловая, манная, полтавская крупы и рис. Все они содержат значительное количество крахмала и клетчатки, в связи с чем изделия из них легко перевариваются и наиболее полно усваиваются. Сравнительная характеристика зерновых культур по содержанию белка и крахмала приведена на рисунке 1.

Из рисунка 1 следует, что наибольшее количество растительного белка содержится в овсяной крупе, незначительно уступают пшеничная и манная крупы, далее – рисовая мука и наименьшее содержание белка – в кукурузной муке.

Кукурузная и рисовая мука по сравнению с остальными обладают важной отличительной способностью – их белок не содержит глютен, на который у целого ряда людей аллергия.

По содержанию крахмала лидером является рисовая мука. Кукурузная мука содержит 70,6 г крахмала в 100 продукта, чуть меньше манная мука – 68,5 г. Наименьшее количество наблюдается в овсяной крупе и пшеничной муке – 63,5 г и 62,8 г соответственно.



Рисунок 1 – Сравнительная характеристика злаковых культур по содержанию белка и крахмала

Figure 1 - Comparative characteristics of cereal crops in terms of protein and starch content

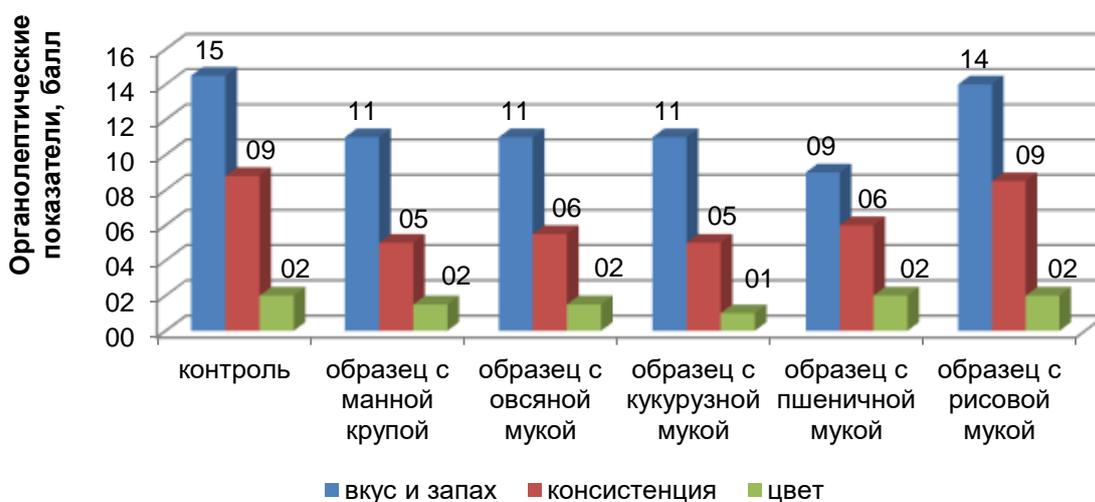


Рисунок 2 – Органолептическая характеристика молокосодержащего продукта с заменителем молочного жира, произведенного по технологии плавленного сыра, с разными видами злакового компонента

Figure 2 - Organoleptic characteristics of a milk-containing product with a milk fat substitute, produced using the processed cheese technology, with different types of cereal component

С целью определения оптимального вида злаковой культуры, который в наибольшей степени подходит для производства молокосодержащего продукта с заменителем молочного жира, произведенного по технологии плавленного сыра, проводились экспериментальные выработки. В качестве злакового компонента рассматривали манную крупу, овсяную, пшеничную, кукурузную и рисовую муку. Опытные образцы полученных продуктов оценивали по органолептическим показателям согласно балльной шкале оценки плавленных сыров и сырных продуктов, разработанной ГНУ ВНИИМС (г. Углич) [5]. Контрольным образцом выбран молокосодержащий продукт с заменителем молочного жира, произведенный по технологии плавленного сыра, без растительного наполнителя. Экспериментальные образцы продукта производились с добавлением 2 % растительного наполнителя. Результаты органолептической оценки образцов представлены на рисунке 2.

Из рисунка 2 следует, что наиболее приближен к контрольному образцу по органолептическим показателям образец молокосодержащего продукта с заменителем молочного жира, произведенный по технологии плавленного сыра, с рисовой мукой.

В образце продукта с манной крупой, овсяной и кукурузной мукой отмечалось значительное отклонение по консистенции от контрольного образца. В образце с манной крупой и кукурузной мукой в продукте присутствовали частицы нерастворимого злакового

компонента по всей массе, консистенция была неоднородная.

В образце с овсяной мукой консистенция была вязкая, излишне нежная. Во вкусе и запахе у данного образца присутствовал нетипичный, слегка посторонний вкус и запах.

Наименьший балл за вкус и запах получил образец продукта с пшеничной мукой, в нем наблюдался явный привкус пшеничной муки. По консистенции у данного образца были следующие пороки, за которые снялись баллы: вязкая, слегка липкая.

ВЫВОДЫ

В результате проведенной серии экспериментов в качестве злакового компонента выбрана рисовая мука, которая позволяет выработать молокосодержащий продукт с заменителем молочного жира, произведенный по технологии плавленного сыра, отвечающий всем требованиям законодательства по качеству и безопасности, которые предъявляются к данному продукту.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Волкова Т.А. Вторичное молочное сырье как эффективный ресурс для производства продуктов сыроделия и маслоделия / Т.А. Волкова // Сборник докладов. XI Международная выставка «Молочная индустрия – 2013». Материалы международной научно-практической конференции «Молочная индустрия мира и Российской Федерации». 2013. 12–15 марта. С. 120–121.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ ЗЛАКОВЫХ КУЛЬТУР В ПРОИЗВОДСТВЕ МОЛОКОСОДЕРЖАЩЕГО ПРОДУКТА С ЗАМЕНИТЕЛЕМ МОЛОЧНОГО ЖИРА, ПРОИЗВЕДЕННОГО ПО ТЕХНОЛОГИИ ПЛАВЛЕНОГО СЫРА

2. Губина И.В. Пищевые волокна «Цитри-Фай» в производстве плавленых сыров // Сыроделие и маслоделие. 2021. № 2. С. 19.
3. Дунаев А.В. Влияние функциональных ингредиентов на свойства имитационного плавленого продукта / А.В. Дунаев, Е.В. Алексеева, Г.Б. Бухарина [и др.] // Сыроделие и маслоделие. 2021. № 3. С. 23–25.
4. Дунаев А.В., Коновалова Т.М. Современные технологии плавленых сырных продуктов // Переработка молока. 2011. № 2. С. 58–61.
5. Сборник технологических инструкций по производству плавленых сыров. Углич : Изд-во ГНУ ВНИИМС, 2003. 205 с.
6. Гаврилова Н.Б., Щетинина Е.М. Козье молоко – биологически полноценное сырьё для специализированной пищевой продукции // Хранение и переработка сельхозсырья. 2019. № 1. С. 66–75.
7. Гаврилова Н.Б., Щетинина Е.М. Перспективы производства специализированной пищевой продукции на основе молока коз Алтайского края // Молочная промышленность. 2019. № 6. С. 56–57.
8. Development of specialized food products for nutrition of sportsmen / N. Gavrilova, N. Chernopolskaya, M. Rebezov, E. Schetinina, I. Suyazova, S. Safronov, V. Ivanova, E. Sultanova // Journal of Critical Reviews. 2020. T. 7. № 4. С. 233–236.
9. Specialized sports nutrition foods: review / N.B. Gavrilova, N.L. Chernopolskaya, M.B. Rebezov, E.M. Shchetinina, N.G. Dogareva, O.E. Likhodeevskaya, I.V. Knysh, Z.S. Sanova // International Journal of Pharmaceutical Research. 2020. T. 12. № 2. С. 998–1003.
10. Молочно-белковый концентрат, обогащенный кальцием / И.С. Хамагаева, А.В. Щекотова, О.А. Жеребятьева, Е.М. Щетинина // Ползуновский вестник. 2017. № 1. С. 24–30.

Информация об авторах

М. П. Щетинин – д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Технология продуктов питания» ФГБОУ ВО АлтГТУ.

Н. С. Золотухина – к.т.н., доцент кафедры «Технологии продуктов питания», ФГБОУ ВО АлтГТУ.

Е. М. Щетинина – к.т.н., доцент кафедры «Технологии продуктов питания», ФГБОУ ВО АлтГТУ.

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

Статья поступила в редакцию 14.01.2022; одобрена после рецензирования 10.02.2022; принята к публикации 28.02.2022.

The article was received by the editorial board on 14 Jan 22; approved after reviewing on 10 Feb 22; accepted for publication on 28 Feb 22.

REFERENCES

1. Volkova, T.A. (2013). Secondary dairy raw materials as an effective resource for the production of cheese and butter products. Collection of reports. XI International Exhibition "Dairy Industry - 2013". Materials of the international scientific-practical conference "Dairy industry of the world and the Russian Federation" (12-15 March 2013). (pp. 120-121). (In Russ.).
2. Gubina, I.V. (2021). Food fibers "Citri-Fay" in the production of processed cheeses. *Cheese making and butter making*, (2), P. 19. (In Russ.).
3. Dunaev, A.V., Alekseeva, E.V., Bukharina, G.B. [et al]. (2021). Influence of functional ingredients on the properties of imitation melted product. *Cheese making and butter making*, (3), 23-25. (In Russ.).
4. Dunaev, A.V. & Konovalova, T.M. (2011). Modern technologies of processed cheese products. *Processing of milk*, (2), 58-61. (In Russ.).
5. Collection of technological instructions for the production of processed cheese. (2003). Uglich: Publishing house of GNU VNIIMS. (In Russ.).
6. Gavrilova, N.B. & Shchetinina, E.M. (2019). Goat milk is biologically complete raw material for specialized food products. *Storage and processing of agricultural raw materials*, (1), 66-75. (In Russ.).
7. Gavrilova, N.B. & Shchetinina, E.M. (2019). Prospects for the production of specialized food products based on milk from goats of the Altai Territory. *Dairy industry*, 6, 56-57. (In Russ.).
8. Gavrilova, N., Chernopolskaya, N., Rebezov, M., Schetinina, E., Suyazova, I., Safronov, S., Ivanova, V. & Sultanova, E. (2020). Development of specialized food products for nutrition of sportsmen. *Journal of Critical Reviews*, 7(4), 233-236.
9. Gavrilova, N.B., Chernopolskaya, N.L., Rebezov, M.B., Shchetinina, E.M., Dogareva, N.G.O., Likhodeevskaya, E., Knysh, I.V. & Sanova, Z.S. (2020). Specialized sports nutrition foods: review. *International Journal of Pharmaceutical Research*, 12(2), 998-1003.
10. Khamagaeva, I.S., Shchetinina, E.M., Zherybat'eva, O.A. & Shchetinina, E.M. (2017). Milk-protein concentrate enriched with calcium. *Polzunovskiy vestnik*, (1), 24-30. (In Russ.).

Information about the authors

M. P. Shchetinin - Doctor of Technical Sciences, Professor, Head. 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.

E. M. Shchetinina - candidate of technical sciences, associate professor of the department "Food Technologies", Polzunov Altai State Technical University.



Научная статья
05.18.04 – Технология мясных, молочных и рыбных продуктов и холодильных производств (технические науки)
УДК 637. 141.8: 635.1/7
doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.01.008

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЫКВЫ В МОЛОЧНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Валентина Николаевна Гетманец

ФГБОУ ВО Алтайский государственный аграрный университет, Барнаул, Россия
getmanecv@mai.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1366-2922>

Аннотация. В данной статье рассматривается перспектива использования тыквы в молочной промышленности. Преимуществом использования данного сырья состоит не только в его низкой себестоимости и доступности для молочной промышленности Алтайского края, но и в том, что внесение этого наполнителя позволит придать продукту новые качества, расширить ассортиментную линейку и повысить конкурентоспособность.

В исследованиях рассматривается использование мякоти (тыквенное пюре) и семени тыквы (в виде муки). Для проведения исследований были выработаны образцы с внесением наполнителей в объеме 1, 3 и 5 %. В готовом продукте были изучены органолептические показатели, пищевая ценность и динамика титруемой кислотности.

На основании результатов экспериментальных исследований был сделан вывод о целесообразности внесения в состав кисломолочного напитка наполнителя в виде тыквенного пюре – 3 %, муки из семени тыквы – 1 %.

Ключевые слова: тыква, кисломолочный напиток, мука из семени тыквы, рецептура, наполнитель, пищевая ценность, энергетическая ценность.

Для цитирования: Гетманец, В. Н. Перспективы использования тыквы в молочной промышленности // Ползуновский вестник. 2022. № 1. С. 60–66. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.01.008.

Original article

PROSPECTS FOR USING PUMPKIN IN THE DAIRY INDUSTRY

Valentina N. Getmanets

Altai State Agrarian University, Barnaul, Russian Federation
getmanecv@mai.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1366-2922>

Abstract. This article discusses the prospect of using pumpkin in the dairy industry. The advantage of using this raw material lies not only in its low cost and availability for the dairy industry of the Altai Territory, but also in the fact that the introduction of this filler will give the product functional qualities, expand the range of products and increase competitiveness.

Sourced from pumpkin seed, pumpkin flour contains 50 % protein. In this regard, this filler is a source of protein. Research examines the use of pulp (pumpkin puree) and pumpkin seed (flour form).

Based on the results of experimental studies, it was concluded that it is advisable to add a filler in the form of pumpkin puree to the milk drink - 3 %, and pumpkin seed flour - 1 %.

Keywords: *pumpkin, fermented milk drink, pumpkin seed flour, recipe, filler, nutritional value, energy value.*

Forcitation: Getmanets, V. N. (2022). Prospects for using pumpkin in the dairy industry. *Polzunovskiy vestnik*, (1), 60-66. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.01.008.

ВВЕДЕНИЕ

Одной из актуальных задач пищевой индустрии остается разработка рецептур пищевых продуктов с бифидогенными свойствами. Также особый интерес представляет для промышленности использование местного сырья, на принципах безотходной технологии как в свежем, так и в переработанном виде [1, 2, 3, 4].

Результат проведенных маркетинговых исследований российского рынка продуктов питания доказывает, что из года в год большей популярностью пользуются пищевые продукты с маркировкой «с пониженным содержанием жира», «обогащенный» и т.д. Пищевой статус современного потребителя изменяется, а это значит, стоит необходимость в разработке продуктов с интересным сочетанием сырья, в том числе комбинированного состава, полученных ферментацией молока уникальными консорциумами отдельных микроорганизмов, обогащенных пребиотическими ингредиентами [5].

Использование в качестве наполнителя тыквы, которая для молочной промышленности является нетрадиционным сырьем, не только позволит предприятиям расширить ассортиментную линейку кисломолочных напитков, но и позволит использовать доступные сырьевые ресурсы.

Степень изученности данного направления недостаточна, таким образом, разработка технологии кисломолочных напитков с внесением наполнителя из тыквы является достаточно актуальным и перспективным направлением [6, 7].

Кисломолочные напитки содержат все питательные вещества, необходимые для организма, они хорошо перевариваются, обладают диетическими свойствами, которые обуславливаются наличием в них молочной кислоты, диоксида углерода, витаминами группы В и другими полезными веществами [8].

Исходя из сказанного выше, разработка рецептур кисломолочных напитков с использованием местного сырья является актуальным направлением и имеет практическое

значение для молочной отрасли Алтайского края.

Целью проводимых научных исследований является изучение влияния различной массовой доли наполнителя на основе тыквы на качественные показатели кисломолочного напитка.

Задачи исследования:

- провести анализ свойств и состава предлагаемого овощного сырья для доказательства целесообразности его использования в молочной промышленности;

- выявить изменения потребительских качеств кисломолочного напитка при внесении наполнителя из тыквы;

- установить влияние наполнителя на основе тыквенного сырья на пищевую ценность;

- на основании полученных данных с учетом органолептических показателей выявить оптимальную дозу внесения наполнителей;

- проанализировать влияние наполнителя на хранимоспособность продукта.

Объектами исследований явились: кисломолочный напиток, полученный путем ферментации молока закваской и наполнителя, приготовленные из различных частей тыквы.

Опытные образцы кисломолочного напитка были произведены в лабораторных условиях термостатным способом.

При формировании показателей качества проектируемый продукт должен удовлетворять органолептическим показателям в соответствии с ТР ТС 033/2013. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности молока и молочной продукции» [9].

Для определения целесообразности использования наполнителя на основе тыквенного сырья с целью установления оптимальных доз внесения были изучены органолептические показатели ГОСТ ISO 6658-16 Органолептический анализ [10].

Пищевую ценность полученных образцов определяли расчетным методом с учетом химического состава и массы сырья.

Изучения срока хранения образцов осуществляли в соответствии с методическими

указаниями МУК 4.2.1847-04 «Санитарно-эпидемиологическая оценка обоснования сроков годности и условий хранения пищевых продуктов» [11].

Продолжительность хранения опытных и контрольных образцов кисломолочного напитка устанавливали по нарастанию титруемой кислотности. Данные титруемой кислотности снимали в течение семи суток после получения образцов для установления оптимальной дозы внесения наполнителя. Объем внесения выбрали самостоятельно 1, 3 и 5 %. Определения титруемой кислотности проводили методом титрования [12].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для производства кисломолочного напитка использовано питьевое пастеризованное молоко (массовая доля жира 3,2 %, содержание белка 2,8 %), лиофильно высушенная закваска «Эвиталия» прямого внесения.

В состав закваски входит: ацидофильная палочка, которая вызывает молочнокислое брожение, термофильные стрептококки, сбраживающие углеводы, образуя молочную кислоту, обладают бактерицидными свойствами по отношению к патогенным микроорганизмам.

Входящие в состав пропионовокислые бактерии проявляют антимуtagenные свойства и являются продуцентами витамина В₁₂.

Уникальный состав закваски приводит к образованию ценных веществ в готовом продукте. Данная закваска еще была выбрана в связи с тем, что это симбиотическая закваска и традиционно используется для приготовления йогуртов, процесс сквашивания продукта протекает достаточно быстро с образованием ровных прочных сгустков.

В настоящее время тыква практически не используется в молочной промышленности, это и был один из факторов проведения исследований. Данный овощ относится к доступному сырью по стоимости, выращивается практически повсеместно.

Целебные свойства тыквы известны еще с древних времен. Тыква является источником каротина и бета-каротина (4, 61 мг/ 100 г продукта). По сравнению с морковью, в тыкве в 5 раз больше каротинов. Исследования последних лет свидетельствует о низкой обеспеченности каротином населения.

Немаловажно отметить и тот положительный момент, что тыква относится к диетическим продуктам, так как она имеет низкую калорийность. В тыкве мало содержит-

ся сахара, отсутствует крахмал, трансжиры и холестерин. Тыква сохраняет практически все полезные вещества и после проведения термической обработки.

Для выявления целесообразности использования тыквы в качестве наполнителя для производства кисломолочных напитков провели выработку продукта с внесением двух наполнителей, приготовленных на основе разных частей тыквы. Мякоть тыквы вносили в виде пюре, которое готовили из запеченной тыквы, и второй вариант – мука из семени тыквы (производитель ООО «Специалист» по СТО 3397 4444-011-2016).

Характеристика наполнителей представлена в таблице 2.

Таблица 1 – Пищевая ценность наполнителя

Table 1 - Nutritional value of the filler

Показатель	Вид наполнителя	
	тыквенная мука	тыквенное пюре
Содержание жира, %	10,0	0,81
Содержание белка, %	50,0	1,17
Содержание углеводов, %	26,0	6,31

Пищевая ценность выбранных наполнителей подтверждает целесообразность их использования. Так, мука из семени тыквы состоит на 50 % из белков, содержит 26 % углеводов. По химическому составу данный наполнитель относится к белково-углеводному, а тыквенное пюре относится к углеводно-белковому сырью.

В запеченной тыкве из сухих веществ больше содержится углеводов, но необходимо отметить, что содержание жира всего лишь 0,81 %, что оказывает положительное влияние на показатель энергетической ценности.

Образцы кисломолочного напитка выработывали на пастеризованном молоке, поэтому дополнительной пастеризации не проводили, а подогрели молоко до температуры 40–43 °С для внесения закваски.

Для постановки опыта был изготовлен контрольный и несколько опытных образцов (таблица 2).

Таким образом, для проведения исследований были приготовлены контрольный образец (без наполнителей) и опытные образцы двух вариантов в зависимости от вида наполнителя по три каждый в зависимости от

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЫКВЫ В МОЛОЧНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

объема вносимого наполнителя. Для объективности полученных данных опыт был проведен три раза.

Таблица 2 – Состав образцов

Table 2 - Sample composition

Контрольный	Опытные	
	Вариант 1	Вариант 2
молоко	молоко	молоко
закваска	закваска	закваска
–	тыквенная мука (1; 3 и 5 %)	тыквенное пюре (1; 3 и 5 %)

Кисломолочный напиток вырабатывали термостатным способом с использованием йогуртницы.

В подогретое молоко до температуры 40–43 °С внесли закваску «Эвиталия».

Перед внесением наполнителей провели предварительную подготовку. Для приготовления тыквенного пюре тыкву нарезали на кусочки, освободив от кожуры, и провели термическую обработку, а именно запекание в духовке.

Тыкву запекали при температуре 180 °С около 30 минут. Для получения пюре запеченную тыкву охладили, затем измельчили и перетёрли.

Тыквенную муку предварительно разбавили небольшим количеством подогретого молока для получения однородной суспензии во избежание образования комочков в готовом продукте.

Наполнитель внесли в подогретое молоко в соответствии со схемой. Образцы поместили в йогуртницу для ферментации на 12 часов.

В течение сквашивания за образованием консистенции продукта наблюдали, примерно каждый час, путем визуального осмотра.

По истечении 4 часов сквашивания было отмечено образование сгустка во всех образцах. Однако в контрольном образце сгусток был густой, а опытные образцы отличались более рыхлой консистенцией.

Выбор оптимальной дозы внесения наполнителей устанавливали по результатам дегустационной оценки. Для этого предварительно составили дегустационные листы, органолептические показатели продукта оценивали с помощью профильного метода путем построения профилограмм показателей с использованием пятибалльной шкалы. Оценка образцов продукта проводилась дегустаторами независимо друг от друга. После прове-

дения дегустации дегустационные листы обработали. Полученные данные представлены в виде профилограмм на рисунках 1 и 2.



Рисунок 1 – Профилограмма органолептической оценки качества кисломолочного напитка с внесением тыквенной муки

Figure 1 - Profilogram of the organoleptic assessment of the quality of a fermented milk drink with the addition of pumpkin flour

При определении вкуса и запаха в опытных образцах с наполнителем присутствовал растительно-молочный вкус и запах. Этот показатель по мере увеличения дозы наполнителей становился более выраженным. Контрольный образец имел свежий кисломолочный запах с легким ароматом ванили.

Различия наблюдались и в цвете продукта. Опытные образцы имели салатный цвет различной интенсивности с вкраплениями наполнителя. Но при внесении 3 % и 5 % этого наполнителя наблюдался значительный осадок на дне.

Опытные образцы имели растительно-молочный вкус и запах. Цвет образцов с тыквенным пюре был оранжевого оттенка, различной интенсивности, также присутствовали вкрапления мягкости. Органолептическая оценка показала, что введение наполнителя из тыквы в большей степени оказывает влияние на показатели вкуса и цвета.

На основании анализа данных, представленных на рисунках 1 и 2, можно заключить, что наиболее целесообразно при внесении тыквенной муки в объеме 1 %, а тыквенное пюре следует добавлять в количестве 3 %. При таких пропорциях рецептуры напитки обладают приятными вкусом и запахом.

Следующим этапом было изучение влияние вида и объема наполнителя на пищевую ценность кисломолочного продукта. Результаты представлены на рисунках 3–4.

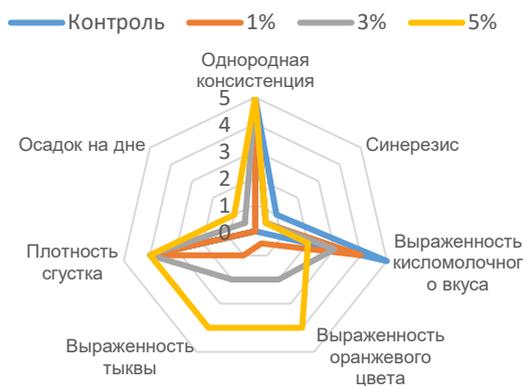


Рисунок 2 – Профилограмма органолептической оценки качества кисломолочного напитка с внесением тыквенного пюре

Figure 2 - Profilogram of the organoleptic assessment of the quality of a fermented milk drink with the introduction of pumpkin puree



Рисунок 3 – Влияние тыквенной муки на пищевую ценность кисломолочного напитка

Figure 3 - Influence of pumpkin flour on the nutritional value of a fermented milk drink

Полученные данные свидетельствуют о влиянии тыквенной муки на состав готового продукта. Больше влияние внесенный наполнитель оказал на содержание белка и углеводов. Так, при внесении тыквенной муки содержание белка увеличилось на 0,48 % (1%), 1,46 % (3%) и на 2,25 % (5%). Соответственно содержание углеводов увеличилось на 0,21; 0,62 и 1,01 %. Массовая доля жира практически не изменилась (0,07–0,32).

Рассмотрим, как повлиял на пищевую ценность наполнитель, приготовленный на основе мякоти тыквы, внесенный в виде тыквенного пюре.

В опытных образцах незначительно снизилось содержание жира на 0,02–0,11 % в зависимости от объема вносимого наполнителя. Массовая доля белка также незначительно уменьшилось на 0,05–0,08 %. Содержание углеводов практически не изменилось.

Таким образом, кисломолочный напиток с внесением тыквенной муки имеет высокое содержание белка (более 4–5 г / 100 г продукта) при сбалансированном соотношении белок : жир.



Рисунок 4 – Влияние тыквенного пюре на пищевую ценность кисломолочного напитка

Figure 4 - Influence of pumpkin puree on the nutritional value of a fermented milk drink

Также необходимо отметить и оптимальное соотношение в продукте животного и растительного белка на уровне 65 % животного и 35 % растительного при внесении 3 % муки и при внесении 5 %, этот показатель отвечает требованиям: 55 % – животный белок и 45 % приходится на растительный.

Таким образом, увеличить содержание белка в продуктах можно за счет традиционного питания с использованием регионально-го сырья.

Проведя анализ химического состава образцов в совокупности с органолептическими показателями, оптимальные дозы – для наполнителя тыквенное пюре – 3 %, а для муки из семени тыквы – 1 %. Именно в этом соотношении продукт обладает приятными вкусовыми свойствами, при равномерном распределении наполнителя по всей массе продукта.

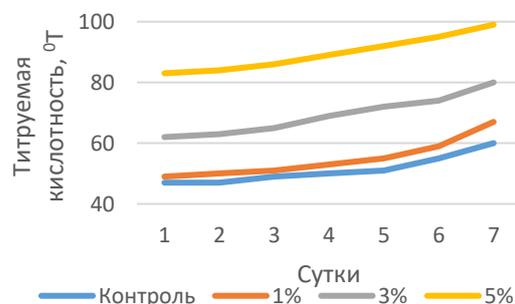


Рисунок 5 – Изменение титруемой кислотности продукта с наполнителем (тыквенная мука)

Figure 5 - Change in titratable acidity of a Product with a filler (pumpkin flour)

Исследуемый продукт относится к продуктам с ограниченным сроком хранения. Для обоснования срока годности были проведены лабораторные исследования продукта и в течение 7 суток хранения. Хранение образцов проводили в холодильнике. На протяжении данного периода снимали показания титруемой кислотности и следили за протеканием синерезиса.

Динамика изменения титруемой кислотности представлена на рисунках 5 и 6.

Полученные данные позволяют сделать следующее заключение: во всех образцах наблюдается увеличение титруемой кислотности, что происходит вследствие молочнокислого брожения лактозы с образованием молочной кислоты под воздействием ряда ферментов, образующихся в процессе роста термофильных молочнокислых бактерий.

Необходимо отметить, что показатель титруемой кислотности опытных образцов была выше на 3–40 °Т в сравнении с контрольным.

Как видно из рисунка, титруемая кислотность во всех образцах нарастала постепенно. Наибольшая титруемая кислотность была отмечена у образца с внесением 5 % тыквенной муки и составила 99 °Т.

Наполнитель тыквенное пюре также оказал влияние на изменение титруемой кислотности.

Однако необходимо отметить, что анализируемый показатель во всех образцах отвечал требованиям для кисломолочных напитков на протяжении срока хранения.

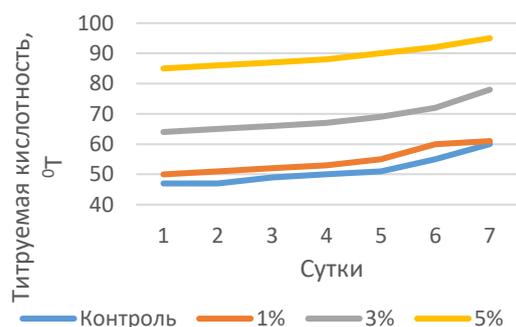


Рисунок 6 – Изменение титруемой кислотности продукта с наполнителем (тыквенное пюре)

Figure 6 - Change in titratable acidity of a product with a filler (pumpkin puree)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполненных исследований показана целесообразность использования в молочной промышленности наполнителей, при-

готовленных на основе тыквы для производства кисломолочных напитков. Сочетание качеств молочного и растительного сырья позволят получить высококачественные оригинальные кисломолочные напитки, не содержащие сахара, предназначенные для общего и диетического питания. Использование тыквы в качестве наполнителя позволит расширить ассортимент молочных продуктов и удовлетворить растущие потребности населения в белково-углеводных и низкокалорийных молочных продуктах. Оптимальная доза внесения муки, приготовленной из семени тыквы – 1 %, тыквенного пюре – 3 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Саженова Ю.М. Функциональный творожный продукт с крапивой и шиповником // Ползуновский вестник. 2017. № 2. С. 23–27.
2. Чинарова Э.Р. Разработка функционального напитка на основе молочной сыворотки с добавлением фруктово-овощных компонентов // Ўғилымжәнебілім / Наука и образование. 2019. № 1. С. 390–395.
3. Перфильева Е.В., Яковлева Д.П., Гетманец В.Н. Влияние наполнителя на качество и хранение кисломолочного напитка // В сборнике : Исследования и разработки ученых и студентов для АПК Сибири, Казахстана и Узбекистана. Сборник материалов Международной научно-практической конференции и IX региональной научно-практической конференции, посвященных 70-летию Алтайского НИИ сельского хозяйства и 50-летию Алтайского селекционного центра. 2020. С. 261–265.
4. Разработка десертного молочного напитка с бифидогенными свойствами / Еременко Д.О., Огнева О.А., Чуб О.П., Светличная О.В // Thescientificheritage. № 57 (2020). С. 32–36.
5. Смирнова Н.А. Ферментированный сливочный биокорректор // Молочная промышленность. 2012. № 1. С. 69–70.
6. Исследование свойств овощного сырья и цукатов, используемых при производстве йогуртов / И.А. Долматова, Т.Н. Зайцева, М.А. Зяблицева, В.Ф. Рябова // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия : Пищевые и биотехнологии. 2016. № 2. С. 77–85.
7. Рядинская А.А., Смирнова В.В., Сидельникова Н.А. Использование растительного сырья при разработке продуктов функционального назначения // Инновации в АПК : Проблемы и перспективы. 2016. № 4 (12). С. 105–112.
8. Стурова Ю.Г., Гильдерман Д.М. Использование растительного компонента в биотехнологии йогурта // Ползуновский вестник. 2021. № 3. С. 95–101.
9. ТР ТС 033/2013. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности молока и молочной продукции» (с изменениями на 20 декабря 2017 года, в редакции, действующей с 15 июля 2018 года).
10. ГОСТ ISO 6658-16. Органолептический анализ. Методология. Общее руководство. Sensory

analysis. Methodology - General guidance (введен впервые: 2017-07-01).

11. МУК 4.2.1847-04 Санитарно-эпидемиологическая оценка обоснования сроков годности и условий хранения пищевых продуктов : методические указания. Утв. 06.04.2004 // Бюллетень нормативных и методических документов Госсанэпиднадзора. Вып. 2 (16).

12. ГОСТ Р 54669-2011. Молоко и продукты переработки молока. Методы определения кислотности.

Информация об авторе

В. Н. Гетманец – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры технологии производства и переработки продукции животноводства Алтайского государственного аграрного университета.

REFERENCES

1. Sazhenova, Yu.M. (2017). Functional curd product with nettle and rosehip. *Polzunovskiy vestnik*, (2), 23-27. (In Russ.).

2. Chinarova, E.R. (2019). Development of a functional drink based on milk whey with the addition of fruit and vegetable components. *Science and education*, (1), 390-395. (In Russ.).

3. Perfilieva, E.V., Yakovleva, D.P. & Getmanets, V.N. (2020). Influence of the filler on the quality and storage of a fermented milk drink. In the collection: Research and development of scientists and students for the agro-industrial complex of Siberia, Kazakhstan and Uzbekistan. *Collection of materials of the International Scientific and Practical Conference and the IX Regional Scientific and Practical Conference dedicated to the 70th anniversary of the Altai Research Institute of Agriculture and the 50th anniversary of the Altai Breeding Center*. P. 261-265. (In Russ.).

4. Eremenko, D.O., Ogneva, O.A., Chub, O.P. & Svetlichnaya, O.V. (2020). Development of a desert milk drink with bifidogenic properties. *The scientific heritage*, (57), 32-36. (In Russ.).

5. Smirnova, N.A. (2012). Fermented creamy biocorrector. *Molochnayapromyshlennost'*, (1), 69-70. (In Russ.).

6. Dolmatova, I.A., Zaitseva, T.N., Zyablitseva, M.A. & Ryabova, V.F. (2016). Investigation of the properties of raw vegetables and candied fruits used in the production of yoghurts. *Bulletin of the South Ural State University. Series: Food and Biotechnology*, (2), 77-85. (In Russ.).

7. Ryadinskaya, A.A., Smirnova, V.V. & Sidelnikova, N.A. (2016). The use of plant materials in the development of functional products. *Innovations in the agro-industrial complex: Problems and prospects*, 4 (12), 105-112. (In Russ.).

8. Sturova, Yu.G. & Gilderma, D.M. (2021). The use of the plant component in the biotechnology of yoghurt. *Polzunovskiy vestnik*, (3), 95-101. (In Russ.).

9. Tekhnicheskij reglament Tamozhennogo soyuza «O bezopasnosti moloka i molochnoj produkcii». [Technical regulations of the Customs Union «On the safety of milk and dairy products»] (2013) *TR CU 033/2013 from October 9, 2013*. Moscow: Standartinform RF (In Russ.).

10. Sensory analysis. Methodology. General guidance (2017) *HOST ISO 6658-16 from July 1, 2017*. Moscow: Standartinform RF (In Russ.).

11. Sanitary and epidemiological assessment of justification of shelf life and storage conditions of food products. (2004). *MUK 4.2.1847-04 from June 20, 2004*. Moscow : Bulletin of normative and methodological documents of the state sanitary and epidemiological service. 2(16). (In Russ.).

12. Milk and milk processing products. Methods for determining acidity. (2011) *GOST R 54669-2011 from January 1st, 2011*. Moscow: Standartinform RF (in Russ.).

Information about the authors

V. N. Getmanets - the candidate of agricultural Sciences, associate Professor, Federal state budgetary educational institution of higher professional education «Altai State Agricultural University», Professor of chair of technology of production and processing of livestock products.

Статья поступила в редакцию 12.01.2022; одобрена после рецензирования 25.01.2022; принята к публикации 28.02.2022.

The article was received by the editorial board on 12 Jan 22; approved after reviewing on 25 Jan 22; accepted for publication on 28 Feb 22.



Научная статья
05.18.04 – Технология мясных, молочных и рыбных продуктов и холодильных производств (технические науки)
УДК 663.674
doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.01.009

РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУРЫ И АНАЛИЗ СВОЙСТВ МОРОЖЕНОГО С ДОБАВЛЕНИЕМ ПИВА

Марианна Сергеевна Воронина ¹, Алена Николаевна Гуляева ²,
Дарья Ивановна Нистерюк ³, Эльвира Николаевна Шляпникова ⁴

^{1, 2, 3, 4} ФГБОУ ВО Самарский государственный технический университет, Самара, Россия
nikol163@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3299-1470>

Аннотация. Разработаны оптимальные рецептуры на мороженое с добавлением пива: светлого и темного. Начальными данными для проектирования были выбраны показатели: жира, СОМО, углеводов, а также минимальная себестоимость. Мороженое изготавливали из следующего набора сырья: пиво (светлое и темное), сгущенное молоко, сливки 33 %. В результате расчетов определена минимальная себестоимость для мороженого с добавлением светлого пива – 27342,70 руб. / 100 кг, для мороженого с добавлением темного пива – 27456,52 руб. / 100 кг. Физико-химические показатели проб мороженого показали, что содержание сухих веществ было близко к теоретически рассчитанному 38,51 %: для светлого пива – 33,3 %, для темного – 41,7 %. Титруемая кислотность показала, что мороженое с добавлением темного пива имеет более кислую среду по сравнению с мороженым с добавлением светлого пива. По органолептическим показателям качества преимущество имело мороженое с добавлением светлого пива.

Ключевые слова: мороженое, рецептура, пиво, цвет, кислотность, фризёр.

Благодарности: автор выражает признательность коллегам за помощь, благодарность за финансовую поддержку исследования.

Для цитирования: Разработка рецептуры и анализ свойств мороженого с добавлением пива / М. С. Воронина [и др.]. // Ползуновский вестник. 2022. № 1. С. 67–72. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.01.009.

Original article

FORMULATION DEVELOPMENT AND ANALYSIS OF THE PROPERTIES OF ICE CREAM WITH THE ADDITION OF BEER

Marianna S. Voronina ¹, Alena N. Gulyaeva ², Daria I. Nisteryuk ³,
Elvira N. Shlyapnikova ⁴

^{1, 2, 3, 4} FSBEI HE Samara State Technical University, Samara, Russia
nikol163@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3299-1470>

Abstract. Optimal recipes for ice cream with the addition of beer have been developed: light and dark. The following indicators were chosen as the initial data for the design: fat, SOMO, carbohydrates, as well as the minimum cost. Ice cream was made from the following set of raw materials: beer (light and dark), condensed milk, and cream 33%. As a result of the calculations, the minimum cost for ice cream with the addition of light beer was determined - 27342.70 rubles. / 100 kg, for ice cream with

© Воронина, М. С., Гуляева, А. Н., Нистерюк, Д. И., Шляпникова, Э. Н., 2022

the addition of dark beer - 27456.52 rubles. / 100 kg. Physico-chemical parameters of ice cream samples showed that the dry matter content was close to the theoretically calculated 38.51%: for light beer-33.3%, for dark - 41.7%. Titratable acidity showed that ice cream with the addition of dark beer has a more acidic environment compared to ice cream with the addition of light beer. In terms of organoleptic quality indicators, ice cream with the addition of light beer had an advantage.

Keywords: ice cream, recipe, beer, color, acidity, freezer.

Acknowledgements: the author expresses gratitude to his / her colleagues for their help, thanks for the financial support of the research.

For citation: Voronina, M. S., Gulyaeva, A. N., Nisteryuk, D. I. & Shlyapnikova, E. N. (2022). Formulation development and analysis of the properties of ice cream with the addition of beer. *Polzunovskiy vestnik*, (1), 67-72. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.01.009.

ВВЕДЕНИЕ

Мороженое является одним из любимых продуктов в России. Сегодня Россия, Западная Европа и Северная Америка являются основными регионами потребления мороженого во всем мире [1].

Согласно ГОСТ 31457-2012 Мороженое молочное, сливочное и пломбир. Технические условия [2], мороженое должно содержать от 0,5 до 20 % молочного жира, от 14 до 15,5 % сахарозы и от 28,0 до 42,0 % сухих веществ. Калорийность от 140 до 240 ккал / 100 г, что делает его высококалорийным продуктом.

Одним из самых популярных вкусов мороженого являются: ванильное, шоколадное, орехово-карамельное, клубничное, пломбир.

На рынке существует множество видов рецептов мороженого, но для увеличения доли рынка также требуются новые рецепты [3]. Одним из таких видов является мороженое с добавлением пива.

Разработка новых продуктов питания остается сложной задачей, поскольку она должна удовлетворять спрос потребителей на продукты, которые одновременно вкусны и полезны. Молочная промышленность разработала множество обезжиренных видов мороженого, пытаясь избежать модификаций, которые могут изменить вкус или текстуру, что является ключевым фактором успеха мороженого на рынке [4].

Авторы статьи предлагают направить исследования не в сторону полезности и функциональности продукта, а в сторону изменения вкуса и расширения ассортиментной линейки. При этих задачах продукт должен быть не только интересен новизной, оригинальностью, но и конкурентоспособен в плане ценовой политики.

Цель этого исследования – разработать рецептуры мороженого с добавлением пива по определенным технологическим и экономическим показателям и проанализировать

физико-химические свойства продукта. Научная новизна данного исследования заключается в использовании функции «Поиск решения» программы Microsoft Excel в разработке рецептуры мороженого с добавлением пива оптимального по химическому составу и с минимальной себестоимостью.

МЕТОДЫ

Для разработки рецептуры выбрана методика, предложенная Лисиным П.А. [5]. Моделирование проведено с помощью программы Microsoft Excel. Для оптимизации решения использована стандартная надстройка «Поиск решения» процессора электронных таблиц.

Мороженое с добавлением пива проанализировано на физико-химические свойства:

Для анализа физико-химических свойств мороженого на сухие вещества, титруемую кислотность.

Сухие вещества определяли по ГОСТ 3626-73 [6]. Мороженое в количестве 1 г смешивают с 1 см³ дистиллированной воды. Затем бюксу со смесью накрывают железной пластинкой, температура поверхности которой (180±2) °С. Содержимое бюксы выпаривают до легкого пожелтения остатка, после чего помещают в сушильный шкаф с температурой (110±2) °С на 10 минут. Затем бюксу охлаждают в эксикаторе и взвешивают.

Титруемую кислотность устанавливали по ГОСТ 3624-92 [7]. В стакане взвешивают 5 г продукта. Тщательно перемешивают продукт стеклянной палочкой, постепенно добавляют к нему 30 см³ воды, перемешивают и фильтруют. 25 мл фильтрата переносят количественно в мерную колбу. Доводят до метки водой и перемешивают. В стакан с мешалкой вносят пробу объемом 25 мл и титруют гидроокисью натрия до изменения pH до 8,1±0,2 ед. pH.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В качестве сырья для приготовления мороженого использовали пиво (светлое и темное), сгущенное молоко, сливки 33 %. Контрольный образец состоял из сливок 33 % и сгущенного молока.

Для моделирования рецептуры в программе Microsoft Excel необходимо задаться начальными значениями. Согласно ГОСТ, в 100 г продукта должно содержаться: жира – 12 г, СОМО – 10, углеводов (сахароза) – 16 г.

Рецептурный состав представлен в таблицах 1 и 2.

Зададимся целью оптимизировать рецептуру к минимальной себестоимости.

Тогда функция цели будет выглядеть следующим образом:

- для мороженого с добавлением светлого пива:

$$180X_1+350X_2+63X_3+455X_4+220X_5 \rightarrow \min$$

- для мороженого с добавлением темного пива:

$$200X_1+350X_2+63X_3+455X_4+220X_5 \rightarrow \min$$

Систему линейных балансовых уравнений по жиру, СОМО, сахару, воде и сухим веществам решаем с использованием системы Excel.

Решение уравнений для мороженого с добавлением темного пива представлено на рисунке 1. Аналогично выполнили поиск оптимальной рецептуры для мороженого с добавлением светлого пива.

Рецептуры представлены в таблице 3.

Таблица 1 – Данные по химическому составу мороженого со светлым пивом для оптимизации рецептуры

Table 1 - Ice cream chemistry data with pale beer for recipe optimization

Ингредиенты	X _i	Массовая доля, %					Цена, руб./кг
		жира	СОМО	сахара	воды	сухие вещества	
Пиво светлое	X ₁	0	0	4,8	92	8	180
Сливки 33 %	X ₂	33	2,62	3	41	59	350
Сахар	X ₃	0	0	99	1	99	63
Сгущенное молоко с сахаром	X ₄	8,5	20	43,5	28	72	455
Ванильный сахар	X ₅	0	0	99	1	99	220
Стандарт мороженого		12	10	6	61,49	38,51	

Таблица 2 – Данные по химическому составу мороженого с темным пивом для оптимизации рецептуры

Table 2 - Ice cream chemistry data with dark beer for recipe optimization

Ингредиенты	X _i	Массовая доля, %					Цена, руб./кг
		жира	СОМО	сахара	воды	сухие вещества	
Пиво темное	X ₁	0	0	5,7	92	8	200
Сливки 33 %	X ₂	33	2,62	3	41	59	350
Сахар	X ₃	0	0	99	1	99	63
Сгущенное молоко с сахаром	X ₄	8,5	20	43,5	28	72	455
Ванильный сахар	X ₅	0	0	99	1	99	220
Стандарт мороженого		12	10	6	61,49	38,51	

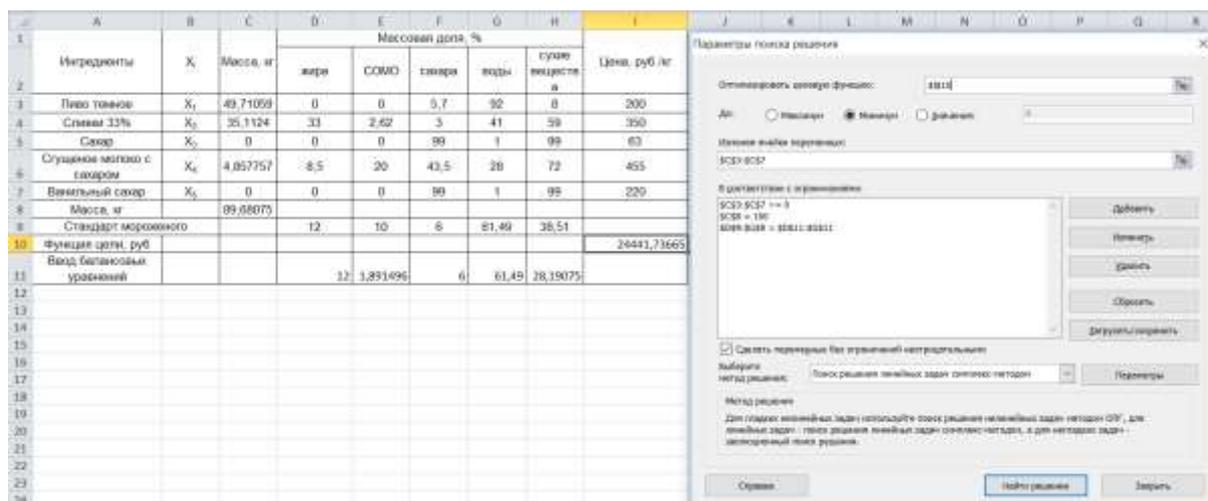


Рисунок 1 – Скриншот окна «Поиск решения» для рецептуры мороженого с добавлением темного пива

Figure 1 - Screenshot of the «Search for a solution» window for an ice cream recipe with the addition of dark beer

Таблица 3 – Оптимизированные рецептуры мороженого с добавлением светлого и темного пива

Table 3 - Optimized ice cream recipes with the addition of light and dark beer

Ингредиенты	Мороженое контроль	Мороженое с добавлением светлого пива	Мороженое с добавлением темного пива
Пиво светлое, кг	–	56,9	–
Пиво темное, кг	–	–	55,8
Сливки 33 %, кг	85,7	40,0	39,4
Сгущенное молоко с сахаром, кг	14,3	6,8	5,5
Выход, кг	100	100	100
Себестоимость 100 кг мороженого, руб.	36502,36	27342,70	27456,52
Эффективность оптимизации рецептуры, руб.	–	9159,66	9045,84

Таблица 4 – Физико-химические показатели качества разработанных видов мороженого с добавлением пива

Table 4 - Physical and chemical quality indicators of the developed types of ice cream with the addition of beer

Показатель	Мороженое с добавлением светлого пива	Мороженое с добавлением темного пива
Сухие вещества, %	33,3	41,7
Титруемая кислотность, °Т	3,6	4

В условиях лаборатории было приготовлено мороженое по следующей технологии.

Технология приготовления мороженого с добавлением пива. Пиво вливают в котел и доводят до кипения. Проваривают. Сгущенное молоко смешивают со сливками 33 %

жирности. Вливают сливочно-молочную смесь в пиво. Перемешивают 2 минуты. Остужают и помещают смесь во фризер. Закаливание мороженого проходит в течение 40 минут.

Образцы мороженого проанализировали на содержание сухих веществ и титруемую кислотность. Полученные результаты представлены в таблице 4.

Оба образца (рисунки 2 и 3) были подвергнуты органолептической оценке. Составлены профилограммы (рисунок 4).



Рисунок 2 – Мороженое с добавлением темного пива

Figure 2 - Ice cream with the addition of dark beer



Рисунок 3 – Мороженое с добавлением светлого пива

Figure 3 - Ice cream with the addition of light beer



Рисунок 4 – Профилограммы органолептической оценки качества мороженого с добавлением пива

Figure 4 - Profilograms of the organoleptic quality assessment of ice cream with the addition of beer

ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе анализа были приведены оптимальные рецептуры для мороженого с добавлением пива с минимальной себестоимостью.

По рассчитанным оптимальным рецептурам было изготовлено мороженое с добавлением пива (светлого и темного). В результате лабораторных испытаний было выявлено, что содержание сухих веществ близко к рассчитанному теоретически 38,51 %: для темного и светлого пива 41,7 и 33,3 % соответственно. Разница содержания сухих веществ объясняется разной экстрактивностью начального сусла светлого и темного пива, которая не учитывалась при оптимизации рецептур. Мороженое с добавлением темного пива имеет более высокую кислотность по сравнению с мороженым с добавлением светлого пива, но данные значения не превышают нормы, указанные в ТР ТС 033/2013 (Приложение 1, таблица 6).

Органолептический профиль показал, что мороженое с добавлением светлого пива имеет более привлекательный внешний вид, цвет и вкус по сравнению с мороженым с добавлением темного пива.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Мороженое является одним из популярнейших сладких продуктов. Изобретено множество разнообразных вкусов от классического пломбира до мороженого с рыбным вкусом. Все эти уникальные продукты находят своего потребителя. Мороженое с добавлением пива также будет пользоваться огромным успехом у покупателей. Несмотря на то, что производится высокотемпературная обработка спиртового сырьевого компонента – пива (температура больше 100 °С), остаточное количество алкоголя присутствует, и его нельзя рекомендовать к употреблению детям.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Xavier, J.R., Ramana, K.V. Development of slow melting dietary fiber-enriched ice cream formulation using bacterial cellulose and inulin. J Food Process Preserv. 2021; 00:e15394. <https://doi.org/10.1111/jfpp.15394>.
- ГОСТ 31457-2012. Мороженое молочное, сливочное и пломбир. Технические условия.
- Khider, M., Ahmed, N. and Metry, W. (2021). Functional Ice Cream with Coffee-Related Flavor. Food and Nutrition Sciences, 12, 826-847. doi: 10.4236/fns.2021.128062.
- Crizel, T. de Moraes, Rubilene R. de Araujo, Rios A. de Oliveira, Rech R., Hickmann S. Flôres. Orange fiber as a novel fat replacer in lemon ice

cream. *Food Sci. Technol* 34 (2). 2014. <https://doi.org/10.1590/fst.2014.0057>.

5. Лисин, П.А. Компьютерное моделирование производственных процессов в пищевой промышленности : учеб. пособие. – СПб. : Изд-во «Лань», 2016. – 256 с.

6. ГОСТ Р 54668-2011. Молоко и продукты переработки молока. Методы определения массовой доли влаги и сухого вещества. Дата введения 2013-01-01. Утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 13 декабря 2011 г. № 825-ст.

7. ГОСТ Р 54669-2011. Молоко и продукты переработки молока. Методы определения кислотности. Дата введения 2013-01-01. Утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 13 декабря 2011 г. № 826-ст.

Информация об авторах

М. С. Воронина – к.т.н. кафедры «Технология и организация общественного питания», Самарский государственный технический университет.

А. Н. Гуляева – ассистент кафедры «Технология и организация общественного питания», Самарский государственный технический университет.

Д. И. Нистерюк – студент кафедры «Технология и организация общественного питания», Самарский государственный технический университет.

Э. Н. Шляпникова – студент кафедры «Технология и организация общественного питания», Самарский государственный технический университет.

REFERENCES

1. Xavier, J.R. & Ramana, K.V. (2021). Development of slow melting dietary fiber-enriched ice

cream formulation using bacterial cellulose and inulin. *J Food Process Preserve*, 00:e15394. <https://doi.org/10.1111/jfpp.15394>.

2. Dairy ice cream, cream and ice cream. Specifications. (2012). HOST 31457-2012from July 1, 2013 Moscow: Standartinform RF (In Russ.).

3. Khider, M., Ahmed, N. & Metry, W. (2021). Functional Ice Cream with Coffee-Related Flavor. *Food and Nutrition Sciences*, (12), 826-847. doi: 10.4236/fns.2021.128062.

4. Crizel, T. de Moraes, Rubilene, R. de Araujo, Rios, A. de Oliveira, Rech, R., Hickmann & S. Flôres. (2014). Orange fiber as a novel fat replacer in lemon ice cream. *food sci. Technol*, 34(2). <https://doi.org/10.1590/fst.2014.0057>.

5. Lisin, P.A. (2016). *Computer modeling of production processes in the food industry: Textbook*. St. Petersburg: Publishing house "Lan". (In Russ.).

6. Milk and milk products. Methods for determination of moisture and dry substance mass fraction. (2011). HOST R 54668-2011 from January 1st, 2013. Moscow: Standartinform RF (In Russ.).

7. Milk and milk products. Methods for determination of acidity. (2011). HOST R54669-2011from January 1st, 2013. Moscow: Standartinform RF (In Russ.).

Information about the authors

M. S. Voronina - Ph.D. department "Technology and organization of public catering", Samara State Technical University.

A. N. Gulyaeva - assistant of the department "Technology and organization of public catering", Samara State Technical University.

D. I. Nistryuk - student of the department "Technology and organization of public catering", Samara State Technical University.

E. N. Shlyapnikova - student of the department "Technology and organization of public catering", Samara State Technical University.

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

Статья поступила в редакцию 26.01.2022; одобрена после рецензирования 10.02.2022; принята к публикации 28.02.2022.

The article was received by the editorial board on 26 Jan 22; approved after reviewing on 10 Feb 22; accepted for publication on 28 Feb 22.



Научная статья
05.18.04 – Технология мясных, молочных и рыбных продуктов и холодильных производств (технические науки)
УДК 637.5.032
doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.01.010

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ГОВЯДИНЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УСЛОВИЙ СОЗРЕВАНИЯ

Галина Васильевна Гуринович ¹, Владислав Александрович Хренов ²,
Ирина Сергеевна Патракова ³

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

¹ gg55@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7869-4151>

² kret1112@gmail.com <https://orcid.org/0000-0003-1713-9407>

³ isp78@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6147-0899>

Аннотация. В последнее время все большее внимание специалистов привлекают исследования качества мясного сырья в зависимости от условий его созревания, включая сухое созревание, в связи с повышением спроса на мясо такого способа выдержки, имеющего более выраженные органолептические характеристики, позволяющие отнести его к продукции премиального качества. Цель работы заключалась в оценке свойств высококачественной говядины сухого созревания относительно аналогичного сырья традиционного созревания.

Исследования выполнены на костных отрубках спинно-поясничной части бычков породы герефорд. Условия созревания: сухое – выдержка в шкафах «dry-aging», температура 0...1 °С, относительная влажность воздуха 75 %, низкая положительная температура (0...1 °С), относительная влажность воздуха 72–75 %, продолжительность 42 суток; традиционное – температура 0...+ 4 °С, относительная влажность воздуха 85 %, 5 суток.

Согласно органолептической оценке с использованием гедонической шкалы, дегустаторы оценивают вкус, запах и консистенцию стейков из говядины сухого созревания как более желательные. Результаты органолептической оценки согласуются с данными определения консистенции инструментальным методом по показателю усилия резания, который для мяса длительного созревания оказался на 16,5 % ниже. Для говядины сухого созревания установлена более высокая водосвязывающая способность (на 4,9 %), при снижении в мясе массовой доли общей влаги и повышении массовой доли жира и белка, что способствует большей сочности и нежности мяса. Полученные данные позволяют говорить о том, что длительная сухая выдержка приводит к повышению потребительского качества и пищевой ценности мяса. В процессе высокотемпературной кулинарной обработки такое мясо теряет меньше влаги (снижение потерь на 4,7 %). В целом результаты работы позволяют положительно оценивать перспективы сухого созревания высококачественной говядины, предназначенной, главным образом, для индустрии общественного питания.

Ключевые слова: говядина, сухое созревание, органолептические свойства, усилие резания, химический состав, функциональные свойства.

Для цитирования: Гуринович, Г. В., Хренов, В. А., Патракова, И. С. Сравнительная оценка качества говядины в зависимости от условий созревания // Ползуновский вестник. 2022. № 1. С. 73–78. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.01.010.

Original article

COMPARATIVE EVALUATION OF BEEF QUALITY DEPENDING ON THE AGING CONDITIONS

Galina V. Gurinovich ¹, Vladislav A. Khrenov ², Irina S. Patrakova ³

^{1, 2, 3} Kemerovo State University, Kemerovo, Russia

¹ ggv55@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7869-4151>

² kret1112@gmail.com <https://orcid.org/0000-0003-1713-9407>

³ isp78@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6147-0899>

Abstract. Recently, more and more attention of specialists has been attracted by studies of the quality of meat raw materials depending on the conditions of its maturation, including dry maturation, due to the increased demand for meat of this aging method, which has more pronounced organoleptic characteristics that allow it to be attributed to premium quality products. The purpose of the work was to evaluate the properties of high-quality dry-matured beef relative to similar raw materials of traditional maturation.

The studies were performed on bone cuts of the spinal-lumbar part of Hereford bulls. Maturation conditions: dry - aging in dry-aging cabinets, temperature 0... 1 °C, relative humidity 75 %, 42 days low positive temperature (0... 1 °C), relative humidity 72-75 %, duration 42 days; traditional - temperature 0 ...+4 °C, relative humidity 85 %, 5 days.

According to the organoleptic evaluation using a hedonic scale, tasters evaluate the taste, smell and consistency of dry-matured beef steaks as more desirable. The results of the organoleptic evaluation are consistent with the data of the consistency assessment by the instrumental method in terms of the cutting force, which was 16.5 % lower for long-maturing meat. For dry-maturing beef, a higher water-binding capacity was established (by 4.9 %), with a decrease in the mass fraction of total moisture in the meat and an increase in the mass fraction of fat and protein, which contributes to greater juiciness and tenderness of the meat. The data obtained suggest that prolonged dry aging leads to an increase in consumer quality and nutritional value of meat. In the process of high-temperature cooking, such meat loses less moisture (loss reduction by 4.7 %). In general, the results of the work allow us to positively assess the prospects for dry maturation of high-quality beef, intended mainly for the catering industry.

Keywords: beef, dry aging, organoleptic properties, cutting force, chemical composition, functional properties.

For citation: Gurinovich, G. V., Khrenov, V. A. & Patrakova, I. S. (2022). Comparative evaluation of beef quality depending on the aging conditions. *Polzunovskiy vestnik*, (1), 73-78. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.01.010.

ВВЕДЕНИЕ

Говядина – один из самых востребованных видов мяса, которая имеет большое значение в питании человека как источник белков, минеральных веществ, среди которых железо, цинк, селен, витаминов. С точки зрения потребителей качество говядины определяется совокупностью свойств, среди которых, наряду с цветом, сочностью, ароматом, наиболее важна нежность, о чем свидетельствуют результаты многочисленных исследований потребительских предпочтений [1, 2, 3]. На формирование нежности влияют различные факторы, включая содержание жира, со-

единительной ткани, активность ферментов, состояние мышечных волокон и другие.

В этом отношении особое место занимает «мраморная» говядина, характерными признаками которой является повышенное содержание внутримышечного жира, состоящего из адипоцитов, встроенных в соединительнотканную матрицу. Откладываясь в эндомизии и перимизии, внутримышечный жир способствует снижению прочности внутримышечной соединительной ткани. Этот жир, менее плотный, чем денатурированный и коагулированный белок. Особенности расположения и структуры жира способствуют снижению прочности мяса и повышению его сочно-

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ГОВЯДИНЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УСЛОВИЙ СОЗРЕВАНИЯ

сти. Вместе с тем размер, толщина и характер распределения жировых прослоек могут существенно различаться и оказывать влияние на органолептические свойства мяса.

Органолептические свойства в значительной мере зависят от физико-химических показателей, как индикаторов развития биохимических и физических процессов при созревании.

В технологии мраморного мяса большое значение имеет выбор пород скота. Основные промышленные породы крупного рогатого скота, мясо которых обладает признаками мраморности, герефорд, абердин-ангус, лимузин. Для российского рынка «мраморная» или высококачественная говядина является относительно новым продуктом, внутреннее производство которого постоянно увеличивается.

Это происходит, в основном, за счет увеличения поголовья чистопородных и помесных животных, в том числе благодаря импорту высокоценного скота лучших мясных пород мира. От всего импортированного мясного скота абердин-ангусская порода составляет более 80 %, герефордская – 10 %, шарлезская – 4 %, лимузинская – 1,6 %. В последнее время наметилась тенденция к производству высококачественной говядины за счет скота отечественных мясных пород, которые по ряду показателей не уступают зарубежным. В качестве наиболее перспективных пород специалисты рассматривают калмыцкую, казахскую белолобую, русскую комолую [4, 5, 6].

Целью исследований явилось сравнительная оценка показателей качества высококачественной говядины от скота породы герефорд в процессе созревания в зависимости от условий его организации.

МЕТОДЫ

Для экспериментальных исследований были отобраны 12-ти месячные бычки мясной породы герефорд, выращенные в условиях травяного откорма, имеющие средний живой вес 280 кг. По достижении годовалого возраста животных переводили в стойла для дальнейшего доращивания с уменьшением подвижности бычков, а также с изменением рациона питания. В рацион скота постепенно включали зерновые культуры, такие как ячмень, пшеницу, отруби и кукурузу, а также белково-витаминно-минеральный комплекс (БМВК). Процентная доля зерна в первый месяц откорма составляла 10 % с последующим увеличением и доходила до 95 % к концу от-

корма. Процесс доращивания в условиях зернового откорма составлял 180 дней. Средний живой вес животного к моменту окончания откорма составлял 540 кг, возраст 18 месяцев. Послеубойный выход 61 %.

Созревание проводили в отрубках массой до 7 кг, выделенных из спинно-поясничной части (толстый край) при следующих условиях созревания. Отруба 1-ой группы выдерживали при температуре + 4 °С, относительной влажности воздуха 85–90 %, скорости движения воздуха 0,2 м/с, продолжительность выдержки 5 суток (традиционное созревание). Отруба второй группы выдерживали на созревании в специальных камерах при температуре 0–1 °С относительной влажности воздуха 74–75 % (± 1 %), скорости движения воздуха 0,5 м/с, 42 суток (сухое созревание – dry aging).

С отрубков сухого созревания перед исследованием предварительно снимали верхний слой («корку»).

Для говядины разных условий созревания оценивали консистенцию органолептическим методом и объективным методом на приборе Уорнера–Брацлера измерением усилия резания [6], химический состав с использованием арбитражных методов, рН – потенциометрическим методом, водосвязывающую способность (ВСС) – методом пресования, потери массы при тепловой обработке методом взвешивания.

Органолептическую оценку созревшего мяса выполняли после тепловой обработки. Обработка включала нарезание сырья на стейки толщиной 1 см, тепловую обработку на гриле с доведением температуры до кулинарной готовности (70 ± 2) °С. После приготовления их нарезали кубиками 1 × 1 см и сразу подавали для органолептической оценки. Оценка выполняли методом потребительской оценки с использованием девятибалльной гедонической шкалы, включающей 9 уровней: от «весьма желательного» (числовое значение уровня 9), до «очень нежелательного» (числовое значение 1). В оценке участвовали дегустаторы, имеющие опыт потребления говядины обоих способов созревания, образцы стейков для органолептической оценки предъявляли одновременно [7].

Статистическая обработка. Экспериментальные данные получены по 3 сериям измерений, проверенных на однородность, повторяемость измерений каждого из показателей внутри серии – трехкратная. Обработка данных проводилась стандартными методами математической статистики.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В таблице 1 приведены результаты потребительской оценки стейков говядины разных сроков и условий созревания с использованием гедонической шкалы. Из данных органолептической оценки следует, что дегустаторы воспринимали консистенцию стейков из высококачественной говядины длительного срока сухого созревания (42 суток), как более нежную, сочную, легко поддающуюся разжевыванию, по сравнению со стейками из говядины промышленного способа созревания в течение времени, близкого к оптимальному. Об этом свидетельствует количество желательных оценок, которое для стейков из говядины сухого созревания оказалось больше, чем для стейков говядины традиционного созревания.

Еще более выраженные различия в желательности установлены в отношении такого свойства, как вкус и аромат приготовленной говядины. При равном количестве нежелательных оценок большее число дегустаторов

оценили вкус и аромат как весьма желательный и желательный. Средняя оценка приемлемости консистенции говядины сухого созревания составила 6,8, тогда как традиционного созревания 6,5, по вкусу и аромату, соответственно 6,7 и 6,2. В целом процент нежелательности по консистенции, вкусу и аромату у стейков из говядины сухого созревания ниже, чем у аналогичного продукта из говядины традиционного созревания.

Полученные данные следует объяснять повышенным содержанием внутримышечного жира, который нивелирует отрицательное влияние внутримышечной соединительной ткани. Кроме того, мясо с более высоким содержанием жира дает более длительное ощущение сочности, что позитивно отражается на консистенции. Высказывается также предположение, согласно которому жир оказывает защищающее действие на мышечные белки, замедляя передачу тепла при воздействии повышенных температур и препятствуя избыточной денатурации.

Таблица 1 – Потребительская оценка органолептических свойств говядины в зависимости от условий созревания

Table 1 - Consumer evaluation of the organoleptic properties of beef depending on the conditions of maturation

Показатель	Уровень желательности	Говядина			
		традиционного созревания, 5 суток		сухого созревания, 42 суток	
		нежность	вкус, аромат	нежность	вкус, аромат
Очень желательный	9	1	1	2	2
Весьма желательный	8	2	4	4	6
Желательный	7	13	8	14	9
Менее желательный	6	4	5	1	2
Нейтральный	5	2	4	1	3
Слегка нежелательный	4	2	2	2	2
Нежелательный	3	1	1	1	1
Весьма нежелательный	2	1	–	–	–
Очень нежелательный	1	–	–	–	–
Всего оценок		25	25	25	25
Сумма баллов		163	156	170	167
Средняя оценка		6,5	6,2	6,8	6,7
Число нежелательных оценок		4	3	3	3
Процент нежелательности		2,4	1,9	1,8	1,8

Улучшение консистенции мяса при длительном сухом созревании подтверждается данными инструментальной оценки, выполненными на сырых образцах говядины. Значение усилия резания для говядины сухого созревания оказалось достоверно ниже, чем для говядины традиционного созревания, уменьшение оценивается в 16,5 %. Вместе с

тем следует отметить, что вопросы влияния температуры созревания, продолжительности, а также содержания внутримышечного жира на показатель усилия резания остаются спорными. Есть мнение, что эти факторы не оказывают значительного влияния на этот показатель, тогда как в других исследованиях

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ГОВЯДИНЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УСЛОВИЙ СОЗРЕВАНИЯ

указывается на достоверное изменение показателя [9, 10].

В таблице 2 приведены физико-химические показатели высококачественной говядины от скота породы герефорд в зависимости от способа созревания.

Установлено, что в говядине сухого созревания массовая доля белка и жира выше, чем в говядине традиционного созревания, в то время как массовая доля влаги меньше. Соотношение белок : жир : влага в сырье традиционного и сухого созревания на период исследования составило 1 : 0,5 : 5,4 и 1 : 0,6 : 3,2 соответственно.

Выявленные изменения в соотношении основных компонентов высококачественной говядины связаны с потерями массы в процессе созревания, которые для сырья сухого созревания в 4,2 раза больше, чем для говядины традиционного созревания. Потери обусловлены испарением влаги из образцов, так как созревание происходит без защитной упаковки. Следует отметить, что при значительных потерях массы массовая доля влаги

в сырье сухого созревания остается достаточно высокой, чему в значительной мере способствует образование на поверхности защитного слоя в виде уплотненного слоя (корки).

Уменьшением массовой доли влаги и повышением массовой доли белка следует объяснять увеличение водосвязывающей способности высококачественной говядины сухого созревания. Увеличение значения показателя относительно значения для говядины традиционного созревания составило 4,9 %. Можно предположить, что определенное влияние на гидратационную способность сырья оказывают протеолитические изменения белков [11].

Повышенное значение ВСС и pH оказывают положительное влияние на потери массы в процессе тепловой обработки. При приготовлении стейков на гриле потери массы для говядины сухого созревания составили 21,8 %, тогда как для стейков из говядины сухого созревания – 26,5 %.

Таблица 2 – Физико-химические показатели высококачественной говядины в зависимости от способа созревания

Table 2 - Physico-chemical parameters of high-quality beef depending on the method of maturation

Показатель	Говядина		±S
	традиционного созревания, 5 суток	сухого созревания, 42 суток	
Массовая доля белка, %	18,77	20,09	0,87
Массовая доля жира, %	10,17	12,51	0,63
Массовая доля влаги, %	66,54	64,89	0,24
Массовая доля золы, %	1,27	1,56	0,53
pH	5,61	5,72	0,05
Водосвязывающая способность, % к массе навески	55,89	58,63	0,36
Усилие резания, Н/см ²	31,65	26,44	1,45
Потери при созревании %	2,96	12,54	1,1
Потери при тепловой обработке %	26,5	21,80	0,9

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Различные условия созревания оказывают заметное влияние на органолептические свойства, химический состав и функциональные свойства высококачественной говядины. По совокупности показателей установлено позитивное влияние сухого созревания на свойства данного вида сырья. Вместе с тем необходимы дальнейшие исследования продуктов сухого старения, чтобы установить оптимальную продолжительность процесса сухого созревания экономически целесообразного для конечного потребителя и производителей продукции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Drey L., Travis O'Quinn Tenderness, Juiciness and Flavor Contribute to the Overall Consumer Beef Eating Experience // Kansas Agricultural Experiment Station Research Reports. 2017. 3. P. 27. DOI:10.4148/2378-5977.1361.
2. Sensory and Physicochemical Comparison of Traditional Bone-In Dry-Aged Beef Loin with Bone-Less Dry Ageing and Ageing Using a Moisture Permeable Bag / Maurice G. O'Sullivan [et al.] // Food and Nutrition Sciences. 2018. 9. P. 1078–1098. DOI: 10.4236/fns.2018.99079 Sep. 19, 2018.
3. Beef Quality Preferences: Factors Driving Consumer Satisfaction / C. Felderhoff, C. Lyford, J. Malaga, R. [et al.] // Foods. 2020. V. 9 (3). P. 289. <https://doi.org/10.3390/foods9030289>.

4. Беляев А.И., Горлов И.Ф. Ресурсосберегающие технологии производства говядины // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2010. № 3. С. 10–14.

5. Лисицын А.Б., Козырев И.В., Миттельштейн Т.М. Особенности производства и оценки высококачественной говядины // Все о мясе. 2015. № 3. С. 22–25.

6. Современные подходы к повышению эффективности использования генетического потенциала калмыцкого скота : монография / И.Ф. Горлов [и др.]. Волгоград: ООО «СФЕРА», 2019. 260 с.

7. ГОСТ ISO 11136-2017. Органолептический анализ. Методология. Общее руководство по проведению гедонических испытаний потребителями в контролируемой зоне : введ. 2019-01-01. Москва, 2017. 43 с.

8. Антипова Л.В., Глотова И.А., Рогов И.А. Методы исследования мяса и мясных продуктов. Москва : Колос, 2001. 376 с.

9. Effects of post-mortem aging time and type of aging on palatability of low marbled beef loins / Lepper-Billie A.N. [et al.] // Meat Sci. 2016. V. 112. P. 63–68. DOI:10.1016/j.meatsci.2013.07.111.

10. Effects of stepwise dry/wet-aging and freezing on meat quality of beef loins / Yuan H Brad Kim [et al.] // Meat Sci. 2017. V. 123. P. 57–63. DOI:10.1016/j.meatsci.2016.09.002.

11. Variation in palatability and biochemical traits within and among eleven beef muscles / Rhee M.S. [et al.] // J Anim Sci. 2004. 82. P. 534–550. DOI:10.2527/2004.822534x.

Информация об авторах

Г. В. Гуринович – доктор технических наук, профессор кафедры «Технология продуктов питания животного происхождения» Кемеровского государственного университета.

В. А. Хренов – аспирант кафедры «Технология продуктов питания животного происхождения» Кемеровского государственного университета.

И. С. Патракова – доцент кафедры «Технология продуктов питания животного происхождения» Кемеровского государственного университета.

REFERENCES

1. Drey, L. & Travis, O'Quinn. (2017). Tenderness, Juiciness, and Flavor Contribute to the Overall Consumer Beef Eating Experience. *Kansas Agricultural Experiment Station Research Reports*, (3), 27. DOI:10.4148/2378-5977.1361.

2. Maurice, G., O'Sullivan [et al.]. (2018). Senso-

ry and Physiochemical Comparison of Traditional Bone-In Dry-Aged Beef Loin with Bone-Less Dry Aging and Aging Using a Moisture Permeable Bag. *Food and Nutrition Sciences*, (9), 1078-1098. DOI: 10.4236/fns.2018.99079 Sep. 19, 2018.

3. Felderhoff, C., Lyford, C., Malaga, J.R. [et al.]. (2020). Beef Quality Preferences. *Factors Driving Consumer Satisfaction. Foods*, V. 9(3), 289, <https://doi.org/10.3390/foods9030289>.

4. Belyaev, A.I. & Gorlov, I.F. (2010). Resource-saving technologies for the production of beef. *Bulletin of the Russian Academy of Agricultural Sciences*, (3), 10-14. (In Russ.).

5. Lisitsyn, A.B., Kozyrev, I.V. & Mittelshtein, T.M. (2015). Features of the production and evaluation of high-quality beef. *All about meat*, (3), 22-25. (In Russ.).

6. Gorlov, I.F. [et al.]. (2019). *Modern approaches to improving the efficiency of using the genetic potential of Kalmyk cattle: monograph*. Volgograd: LLC "SPHERE". (In Russ.).

7. Organoleptic analysis Methodology. General guidelines for conducting hedonic testing by consumers in the controlled area: introduction. (2019). HOST ISO 11136-2017 from January 1st, 2019. Moscow: Standartinform RF (In Russ.).

8. Antipova, L.V., Glotova, I.A. & Rogov, I.A. (2001). *Methods for the study of meat and meat products*. Moscow: Kolos. (In Russ.).

9. Lepper-Billie, A.N. [et al.]. (2016). Effects of post-mortem aging time and type of aging on palatability of low marbled beef loins. *Meat Sci*, (112), 63-68. DOI:10.1016/j.meatsci.2013.07.111.

10. Yuan, H., Brad, Kim [et al.]. (2017). Effects of stepwise dry/wet-aging and freezing on meat quality of beef loins. *Meat Sci*, (123), 57-63. DOI:10.1016/j.meatsci.2016.09.002.

11. Rhee, M.S. [et al.]. (2004). Variation in palatability and biochemical traits within and among eleven beef muscles. *J Anim Sci*, (82), 534-550, DOI:10.2527/2004.822534x.

Information about the authors

G. V. Gurinovich - Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Technology of Food Products of Animal Origin, Kemerovo State University.

V. A. Khrenov - graduate student of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technology of Food Products of Animal Origin, Kemerovo State University.

I. S. Patrakova – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technology of Food Products of Animal Origin, Kemerovo State University.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 31.01.2022; одобрена после рецензирования 10.02.2022; принята к публикации 28.02.2022.

The article was received by the editorial board on 31 Jan 22; approved after reviewing on 10 Feb 22; accepted for publication on 28 Feb 22.



Научная статья
05.18.04 – Технология мясных, молочных и рыбных продуктов и холодильных производств (технические науки)
УДК 637.146; 637.049
doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.01.011

СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ МЯГКОГО КОМБИНИРОВАННОГО СЫРА

Оксана Владимировна Кольтюгина ¹, Елена Геннадьевна Никифорова ²

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

¹ oksana2310@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6747-4049>

² egnikiff@yandex.ru

Аннотация. Наблюдаемое в настоящее время расширение ассортимента мягких сыров связано, в частности, с использованием наполнителей: зерновых, бобовых, овощей. В статье представлены исследования по разработке мягкого сыра из смеси цельного и сухого обезжиренного молока с добавлением пюре из брокколи. Полезные свойства брокколи обусловлены ее богатым витаминно-минеральным составом, что позволяет повысить полезные свойства сыра и обогатить его пищевыми волокнами. Цель работы – определить оптимальное процентное содержание пюре из брокколи в составе мягкого сыра. Пюре вносили в количестве от 4 % до 9 %. За контрольный образец принят сыр из нормализованного молока. Органолептическую оценку проводила группа из пяти «неподготовленных испытателей». Исследования регламентированы Межгосударственными стандартами ГОСТ ISO 6658 «Органолептический анализ. Методология. Общее руководство» и ГОСТ 33630-2015 «Сыры и сыры плавленые. Методы контроля органолептических показателей». При оценке качества сыра принимались во внимание внешний вид, вкус и запах, консистенция, цвет. Для обоснования выводов из полученных органолептических оценок проведена математико-статистическая обработка результатов. Согласованность мнений дегустаторов оценивалась по допустимости вариации баллов и по критерию Фаррара–Глоубера о коллективной согласованности мнений. Согласованным мнением дегустаторов, являющихся «неподготовленными испытателями», наилучшим вариантом сыра с брокколи признан образец с 5 % содержанием пюре из брокколи.

Ключевые слова: органолептическая оценка, мягкий сыр, экспертные оценки, «неподготовленные испытатели», пюре брокколи, математико-статистическая обработка.

Для цитирования: Кольтюгина, О. В., Никифорова, Е. Г. Статистическая обработка результатов органолептической оценки мягкого комбинированного сыра // Ползуновский вестник. 2022. № 1. С. 79–85. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.01.011.

Original article

STATISTICAL PROCESSING RESULTS OF ORGANOLEPTIC EVALUATION SOFT COMBINED CHEESE

Oksana V. Koltyugina ¹, Elena G. Nikiforova ²

^{1,2} Polzunov Altai State Technical University, Barnaul, Russia

¹ oksana2310@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6747-4049>

² egnikiff@yandex.ru

© Кольтюгина, О. В., Никифорова, Е. Г., 2022

Abstract. *The currently observed expansion of the range of soft cheeses is associated, in particular, with the use of fillers: cereals, leguminous vegetables. The article presents research on the development of soft cheese from a mixture of whole and skimmed milk powder with the addition of broccoli puree. The beneficial properties of broccoli are due to its rich vitamin and mineral composition, which allows you to increase the useful properties of cheese and enrich it with dietary fibers. The aim of the work is to determine the optimal percentage of broccoli puree in the composition of soft cheese. Puree was added in an amount from 4% to 9%. Cheese from normalized milk was taken as a control sample. A group of five testers carried out the organoleptic evaluation. The research is regulated by the Interstate standards GOST ISO 6658 "Organoleptic analysis. Methodology. General guidelines" and GOST 33630-2015 "Processed cheeses and cheeses. Methods of control of organoleptic indicators". When assessing the quality of cheese, the appearance, taste and smell, consistency, color were taken into account. To substantiate the conclusions from the obtained organoleptic estimates, mathematical and statistical processing of the results was carried out the agreement of the experts' opinions was assessed by the tolerance of the variation of scores and by the Farrar-Glouber criterion on the collective agreement of the opinions of the experts. According to the consensus opinion of experts, a sample with a 5% content of broccoli puree is recognized as the best option for cheese with broccoli.*

Keywords: *organoleptic evaluation, soft cheese, expert evaluations, "untrained testers", broccoli puree, mathematical and statistical processing.*

For citation: Koltyugina, O. V. & Nikiforova, E. G. (2022). Statistical processing results of organoleptic evaluation soft combined cheese. *Polzunovskiy vestnik*, (1), 79-85. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.01.011.

ВВЕДЕНИЕ

В последнее время расширение ассортимента мягких сыров связано с использованием в качестве наполнителей растительных компонентов. Внесение различных групп растительного сырья позволяет скорректировать состав привычных продуктов в сторону повышения полезных свойств [1].

Количество исследований, направленных на расширение ассортимента мягких сыров и сырных продуктов, увеличилось за счет внесения растительного сырья и продуктов его переработки. Интерес представляют зерновые культуры, особенно амарант, который считается суперфудом, так как в его составе содержится большое количество макро- и микронутриентов. Все большую популярность приобретают бобовые культуры, такие как нут, чечевица. Из овощных культур интерес вызывает брокколи. Полезные свойства пюре из брокколи обусловлены витаминно-минеральным составом. Не менее важной задачей является создание продуктов, обогащенных пищевыми волокнами. Именно в зерновых, бобовых, овощах и содержится большое количество пищевых волокон [2–7].

Цель работы – получение мягкого сыра с наилучшими органолептическими характеристиками из смеси цельного и сухого обезжиренного молока с добавлением пюре из брокколи. При проведении исследования пюре из брокколи вносили в цельную молочную смесь в количестве от 4 % до 9 % с шагом 1, за кон-

трольный образец принят сыр из нормализованного молока [8].

МЕТОДЫ

Согласно ГОСТ ISO 6658, органолептическую оценку проводили «неподготовленные испытатели», от которых не требуется, чтобы они удовлетворяли установленным критериям отбора и подготовки испытателей [9]. Группа для проведения органолептического анализа состояла из пяти человек. В ходе проверки оценивались следующие показатели качества сыра: внешний вид, вкус и запах, консистенция, рисунок, цвет.

В соответствии с ГОСТ 33630-2015 мягкие сыры оцениваются по 50-балльной шкале при максимальной оценке: вкуса и запаха – 20 баллов, консистенции – 10 баллов, цвета – 5 баллов, рисунка – 5 баллов, внешнего вида – 5 баллов, упаковки – 5 баллов [10]. Органолептическую оценку всех вариантов сыров с различной концентрацией пюре из брокколи проводили по 45-балльной шкале без учета упаковки по показателям, приведенным в таблице 1.

Для обоснования полученных результатов органолептической оценки проведена математико-статистическая обработка полученных экспериментальных данных.

Органолептическая оценка продуктов питания является процессом измерения, где испытатель выполняет функцию измерительного прибора качественных характеристик, и

СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ
МЯГКОГО КОМБИНИРОВАННОГО СЫРА

балльная оценка служит их количественным выражением.

Процесс измерения зависит от множества факторов, которые оказывают влияние на результаты измерения. Поэтому необходимо определить, является ли допустимой степень вариации (расхождения) полученных экспертных оценок.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Систематизированные результаты исследований качества различных вариантов сыра представлены в таблицах 1–3.

Таблица 1 содержит описательные оценки органолептических характеристик различных вариантов сыра.

Таблица 1 – Описательные оценки органолептических характеристик сыров

Table 1 - Descriptive assessments of the organoleptic characteristics of cheeses

Вариант сыра (количество брокколи, (%))	Характеристика показателя				
	Внешний вид	Вкус и запах	Консистенция	Рисунок	Цвет
Вариант 1 (4 %)	Сыр корки не имеет, поверхность ровная, увлажненная без ослизнения	Хороший, мало выраженный вкус и запах вносимого растительного компонента	Хорошая	Незначительное количество пустот	От белого до светлозеленоватого, неоднородный по всей массе
Вариант 2 (5 %)	Сыр корки не имеет, поверхность ровная, увлажненная без ослизнения	Хороший, выраженный вкус и запах вносимого растительного компонента	Хорошая, слегка ломкая	Незначительное количество пустот	От белого до бледнозеленоватого, неоднородный по всей массе
Вариант 3 (6 %)	Сыр корки не имеет, поверхность ровная, увлажненная без ослизнения	Хороший, более выраженный вкус и запах вносимого растительного компонента	Удовлетворительная, слегка крошливая	Незначительное количество пустот	От белого до бледнозеленоватого, неоднородный по всей массе
Вариант 4 (7 %)	Сыр корки не имеет, поверхность ровная, увлажненная без ослизнения	Удовлетворительный с сильно выраженным вкусом и запахом растительного компонента	Удовлетворительная, слегка крошливая	Незначительное количество пустот	От белого до светлозеленоватого, неоднородный по всей массе
Вариант 5 (8 %)	Сыр корки не имеет, поверхность ровная, увлажненная без ослизнения	Удовлетворительный с излишним вкусом и запахом растительного компонента	Несвязная, крошливая	Незначительное количество пустот	От белого до зеленоватого, неоднородный по всей массе
Вариант 6 (9 %)	Сыр корки не имеет, поверхность ровная, увлажненная без ослизнения	Неудовлетворительный вкус и запах растительного компонента, перебивают кисломолочный вкус и запах сыра	Творожистая	Незначительное количество пустот	От белого до зеленоватого, неоднородный по всей массе
Вариант 7 (К)	Сыр корки не имеет, поверхность ровная, увлажненная без ослизнения	Чистый кисломолочный без посторонних привкусов и запахов	Нежная, однородная по всей массе сыра	Рисунок отсутствует	От белого до светло-желтого, однородный по всей массе

Согласованность мнений экспертов проверялась с помощью измерения вариации (разброса) выставленных баллов.

Для каждой характеристики каждого варианта образца вычислялось \bar{x} – среднее

значение баллов, поставленных экспертами, и σ – среднее квадратическое отклонение баллов (характеризует степень разброса экспериментальных значений относительно их

среднего значения). Вариация выставленных баллов вычислялась по формуле $V = \frac{\sigma}{\bar{x}}$.

Результаты вычислений представлены в таблице 2, где \bar{x} – среднее значение баллов, σ – среднее квадратическое отклонение баллов (СКО).

Таблица 2 – Оценки органолептических показателей образцов мягкого сыра

Table 2 - Evaluation of organoleptic parameters of soft cheese samples

Показатель	вариант 1	вариант 2	вариант 3	вариант 4	вариант 5	вариант 6
Внешний вид						
Среднее, \bar{x}	4,5	5	4,5	4,5	4,4	4,1
СКО, σ	0,354	0	0,354	0,354	0,224	0,224
Вариация, V	0,079 < 0,1	0 < 0,1	0,079 < 0,1	0,079 < 0,1	0,051 < 0,1	0,055 < 0,1
Вкус и запах						
Среднее, \bar{x}	15,8	18,8	15,6	12,2	11	10
СКО, σ	0,837	1,304	0,894	0,837	1	1
Вариация, V	0,079 < 0,1	0 < 0,1	0,079 < 0,1	0,079 < 0,1	0,051 < 0,1	0,055 < 0,1
Консистенция						
Среднее, \bar{x}	9	9,6	7,2	5,6	4,4	3,6
СКО, σ	0,71	0,55	0,84	0,55	0,55	0,55
Вариация, V	0,079 < 0,1	0,057 < 0,1	0,12 < 0,2	0,099 < 0,1	0,13 < 0,2	0,13 < 0,2
Рисунок						
Среднее, \bar{x}	9	9,6	7,2	5,6	4,4	3,6
СКО, σ	0,71	0,55	0,84	0,55	0,55	0,55
Вариация, V	0,079 < 0,1	0,057 < 0,1	0,12 < 0,2	0,099 < 0,1	0,13 < 0,2	0,15 < 0,2
Цвет						
Среднее, \bar{x}	5	5	4,6	4,6	3,6	3
СКО, σ	0	0	0,5482	0,55	0,55	0 < 0,1
Вариация, V	0 < 0,1	0 < 0,1	0,12 < 0,2	0,12 < 0,2	0,15 < 0,2	0 < 0,2

Вариации оценок по показателям «внешний вид», «вкус» и «запах» не превосходят 0,1, что свидетельствует об очень высокой согласованности мнений экспертов в оценке внешнего вида, вкуса и запаха образцов сыра.

По показателям «консистенция», «рисунок» и «цвет» вариации оценок 1 и 2 варианта образцов сыра не превосходят 0,1, что свидетельствует об очень высокой согласо-

ванности мнений экспертов в оценке консистенции, рисунка и цвета данных образцов. Вариации оценок 3, 4, 5 и 6 вариантов не превосходят 0,2, что также свидетельствует о высокой согласованности мнений экспертов в оценке консистенции, рисунка и цвета этих вариантов сыра.

В целом результаты исследования вариации оценок характеристик различных образцов мягкого сыра показали низкую вари-

**СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ
МЯГКОГО КОМБИНИРОВАННОГО СЫРА**

руемость оценок экспертов. Таким образом, совокупность оценок, выставленных группой экспертов каждой характеристике всех вариантов сыра, однородна и мнения экспертов согласованы.

ОБСУЖДЕНИЕ

Обозначим: $r_{x_i x_j}$ – коэффициент парной линейной корреляции оценок экспертов с номерами i и j , $n = 6$ – количество вариантов сыра, $m = 5$ – количество экспертов.

Составим матрицу M межфакторной корреляции баллов, поставленных дегустаторами по каждой характеристике сыра:

$$M = \begin{pmatrix} r_{x_1 x_1} & r_{x_1 x_2} & \dots & r_{x_1 x_5} \\ r_{x_2 x_1} & r_{x_2 x_2} & \dots & r_{x_2 x_5} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{x_5 x_1} & r_{x_5 x_2} & \dots & r_{x_5 x_5} \end{pmatrix}$$

Согласованность мнений экспертов оценим по статистике Фаррара–Глоубера:

$$D = -\left(n - 1 - \frac{1}{6}(2m + 5)\right) \ln \text{Det}(M),$$

где $\text{Det}(M)$ – определитель матрицы M .

Если величина статистики D , вычисленная для оценки определенной характеристики сыра, больше критического значения, найденного для уровня значимости 0,05:

$$\chi^2_{кр. \alpha; \frac{m(m-1)}{2}} = \chi^2_{кр. 0,05; \frac{5(5-1)}{2}} = \chi^2_{кр. 0,05; 10} = 18,307,$$

то наборы баллов по этой характеристике, выставленные группой экспертов, коррелируют в совокупности, т.е. мнения экспертов по оценке данной характеристики согласованы в совокупности на уровне значимости 0,05.

Матрицы межфакторной корреляции баллов, их определители, статистика D Фаррара–Глоубера и сравнение ее с критической точкой $\chi^2_{кр. 0,05; 10} = 18,307$ представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Проверка согласованности мнений экспертов с помощью статистики Фаррара–Глоубера

Table 3 - Checking the consistency of expert opinions using Farrar-Glober statistics

Характеристика: внешний вид	Характеристика: вкус и запах
$\begin{pmatrix} 1 & 0,6325 & 0,5423 & 0,7746 & 0,542 \\ 0,6325 & 1 & 0,343 & 0,6124 & 0,343 \\ 0,5423 & 0,343 & 1 & 0,8402 & 0,647 \\ 0,7746 & 0,6124 & 0,8402 & 1 & 0,84 \\ 0,5423 & 0,343 & 0,6471 & 0,8402 & 1 \end{pmatrix}$ <p>Det = 0,009342561 $D = 11,683 < 18,307 = \chi^2_{кр. 0,05; 10}$ Мнения экспертов не согласованы</p>	$\begin{pmatrix} 1 & 0,8884 & 0,941 & 0,977 & 0,903 \\ 0,8884 & 1 & 0,963 & 0,854 & 0,983 \\ 0,9414 & 0,963 & 1 & 0,922 & 0,967 \\ 0,977 & 0,8542 & 0,922 & 1 & 0,856 \\ 0,9033 & 0,983 & 0,967 & 0,856 & 1 \end{pmatrix}$ <p>Det = 0,0000007 $D = 29,768 > 18,307 = \chi^2_{кр. 0,05; 10}$ Мнения экспертов согласованы</p>
Характеристика: консистенция	Характеристика: рисунок
$\begin{pmatrix} 1 & 0,9658 & 0,871 & 0,947 & 0,986 \\ 0,9658 & 1 & 0,952 & 0,987 & 0,969 \\ 0,8711 & 0,9519 & 1 & 0,947 & 0,85 \\ 0,9468 & 0,9865 & 0,947 & 1 & 0,944 \\ 0,9861 & 0,9688 & 0,85 & 0,944 & 1 \end{pmatrix}$ <p>Det = 0,000000005 $D = 42,009 > 18,307 = \chi^2_{кр. 0,05; 10}$ Мнения экспертов согласованы</p>	$\begin{pmatrix} 1 & 0,7939 & 0,2928 & 0,58554 & 0,655 \\ 0,7939 & 1 & 0,7593 & 0,75926 & 0,728 \\ 0,2928 & 0,7593 & 1 & 0,4 & 0,447 \\ 0,5855 & 0,7593 & 0,4 & 1 & 0,894 \\ 0,6547 & 0,7276 & 0,4472 & 0,89443 & 1 \end{pmatrix}$ <p>Det = -0,000000000000000005 $D = 93,687 > 18,307 = \chi^2_{кр. 0,05; 10}$ Мнения экспертов согласованы</p>

Продолжение таблицы 3 / Table 3 continued

Характеристика: цвет				
1	0,858	0,7	0,905	0,795
0,858	1	0,778	0,9	0,81
0,7	0,778	1	0,614	0,6
0,905	0,9	0,614	1	0,944
0,795	0,81	0,6	0,944	1

$\text{Det} = 0,000536, \quad D = 18,83 > 18,307 = \chi_{кр.0,05;10}^2$

Мнения экспертов согласованы

Как видно из таблицы 3, все статистики Фаррара–Глоубера, кроме статистики, вычисленной для оценки внешнего вида сыра, превосходят ее критическое значение. Значит, наборы баллов по всем характеристикам сыра, кроме внешнего вида, выставленные этой группой экспертов, коррелируют в совокупности, т.е. мнения экспертов по оценке характеристик сыра согласованы на уровне значимости 0,05.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подводя итоги, отмечаем, что при добавлении 5 % пюре из брокколи в смесь из цельного и сухого обезжиренного молока кислотность продукта понижалась за счёт низкой кислотности самого растительного компонента, наблюдалось меньшее количество сухих веществ в сыворотке, что способствовало повышению биологической и пищевой ценности готового продукта. Из данных органолептической оценки вариантов сыров следует, что наилучшими органолептическими характеристиками обладает сыр, полученный внесением в цельную молочную смесь пюре из брокколи в количестве 5 % от общей массы. С увеличением количества вносимого в смесь пюре органолептические показатели сыра существенно ухудшались.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мироненко И.М., Усатюк Д.А. Мягкие сыры. Ассортимент и технологические особенности // Сыроделие и маслоделие. 2015. № 4. С. 36–40.
2. Рудакова А.Ю., Забодалова Л.А., Серова О.П. Разработка и производство сырных продуктов с растительными компонентами // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. 2014. № 4. С. 204–209.
3. Четчикова А.Ю., Забодалова Л.А. Структурно-механические свойства мягких сыров из смеси молочного сырья // Молочнохозяйственный вестник. 2019. № 4 (36), IV кв. С. 181–191.

4. Сысоева М.Г., Пронина А.В. Технология производства сырного продукта с добавлением растительного белка // Технологии и товароведения сельскохозяйственной продукции. 2015. № 1 (4). С. 21–25.

5. Жаркова И.М., Мирошниченко Л.А. Амарантовая мука – эффективное средство для производства здоровых продуктов питания // Хлебопродукты. 2012. № 12. С. 54–56.

6. Обоснование и разработка технологии сырного продукта с применением муки амаранта / М.Г. Сысоева, И.А. Глотова, А.В. Аристова, Е.А. Пронина, И.В. Поленова, Л.Г. Смольская // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК-продукты питания. 2017. № 5. С. 64–72.

7. Яшкин А.И. Применение пищевых волокон в технологии мягкого сыра // Научно-практический журнал (apej.ru). URL: apej.ru/article/03-05-19 (дата обращения: 12.02.2022).

8. Кольтюгина О.В., Лоскутова Г.А. Расширение ассортимента мягких комбинированных сыров // Молочная промышленность. 2020. № 12. С. 44–45.

9. ГОСТ ISO 6658-2016. Межгосударственный стандарт. Органолептический анализ. Методология. Общее руководство введ. 2017.07.01 Доступ из справ.-правовой системы «Консультант плюс» (дата обращения: 12.02.2022).

10. ГОСТ 33630-2015. Сыры и сыры плавленые. Методы контроля органолептических показателей введ. 2016.00.01 Доступ из справ.-правовой системы «Консультант плюс» (дата обращения: 12.02.2022).

Информация об авторах

О. В. Кольтюгина – кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология продуктов питания» Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова.

Е. Г. Никифорова – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры «Высшая математика» Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова.

СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ МЯГКОГО КОМБИНИРОВАННОГО СЫРА

REFERENCES

1. Mironenko, I.M. & Usatyuk, D.A. (2015). Soft cheeses. Assortment and technological features. *Cheese making and butter making*, (4), 36-40. (In Russ.).
2. Rudakova, A.Yu., Zabodalova, L.A. & Serov, O.P. (2014). Development and production of cheese products with vegetable components. *Scientific journal NRU ITMO. Series: Processes and apparatuses for food production*, (4), 204-209. (In Russ.).
3. Chechetkina, A.Yu. & Zabodalova, L.A. (2019). Structural and mechanical properties of soft cheeses from a mixture of dairy raw materials. *Dairy Bulletin*, 4 (36), IV quarter, 181-191. (In Russ.).
4. Sysoeva, M.G. & Pronina, A.V. (2015). Technology for the production of a cheese product with the addition of vegetable protein. *Technologies and commodity science of agricultural products*, 1(4), 21-25. (In Russ.).
5. Zharkova, I.M. & Miroshnichenko, L.A. (2012). Amaranth flour is an effective means for the production of healthy food products. *Bakery products*, (12), 54-56. (In Russ.).
6. Sysoeva, M.G., Glotova, I.A., Aristova, A.V., Pronina, E.A., Polenova, I.V. & Smolskaya, L.G. (2017). Substantiation and development of the technology of a cheese product using amaranth flour. *Technologies of the food and processing industry APK-foodstuffs*, (5), 64-72. (In Russ.).
7. Yashkin, A.I. (2019). Application of food fibers in the technology of soft cheese. *Agro production and economics journal*. Retrieved from <http://apej.ru/article/03-05-19> (In Russ.).
8. Koltyugina, O.V. & Loskutova, G.A. (2020). Expansion of the range of soft combined cheeses. *Dairy industry*, (12), 44-45. (In Russ.).
9. Interstate standard. Organoleptic analysis. Methodology. General guidance input. (2017). *HOST ISO 6658-2016 from July 1, 2017*. Moscow: Standartinform RF (in Russ.).
10. Cheeses and Processed cheeses. Methods for monitoring organoleptic indicators introduced (2016) *HOST 33630-2015 from January 1st, 2011*. Moscow: Standartinform RF (In Russ.).

Information about the authors

O. V. Koltyugina - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of «Food technology» of the Polzunov Altai State Technical University.

E. O. Nikiforova - Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor of the Department of «Higher Mathematics» 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 28.01.2022; одобрена после рецензирования 12.02.2022; принята к публикации 27.02.2022.

The article was received by the editorial board on 28 Jan 22; approved after reviewing on 12 Feb 22; accepted for publication on 27 Feb 22.



Научная статья

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

УДК 664.681.15

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.01.012

РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУРЫ САХАРНОГО ПЕЧЕНЬЯ ДЛЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ С ПРЕДРАСПОЛОЖЕННОСТЬЮ К ВОЗРАСТНОЙ МАКУЛЯРНОЙ ДЕГЕНЕРАЦИИ

Мария Владимировна Чубарова ¹, Ольга Александровна Орловцева ²,
Светлана Николаевна Тефикова ³

^{1, 2, 3} ФГБОУ ВО «Московский государственный университет технологий и управления им. И.К.Г. Разумовского (ПКУ)», Москва, Россия

¹ chudarovamasha74@mail.ru

² o.orlovtseva@mgtm.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3796-1679>

³ s.tefikova@mgtm.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9086-0781>

Аннотация. Научная статья посвящена вопросам производства продуктов для персонализированного питания, в частности разработке рецептуры и технологии приготовления сахарного печенья для людей с предрасположенностью к возрастной макулярной дегенерации. Данная болезнь развивается у людей пожилого возраста, при этом наблюдается дегенерация макулы – наиболее значимой части сетчатой оболочки, отвечающей за остроту, резкость и уровень центрального предметного зрения. Одной из причин развития заболевания является наследственная предрасположенность. Однако развитие болезни можно приостановить в случае, если в рацион человека входят в достаточном количестве каротиноиды (лютеин и зеаксантин), а также способствующие повышению их усвояемости полиненасыщенные жирные кислоты, витамин Е и микроэлементы (цинк, селен, медь). В работе осуществлен подбор сырья, содержащего данные микронутриенты, и разработана рецептура сахарного печенья, систематическое употребление которого приведет к метилированию генов, ответственных за возникновение возрастной макулярной дегенерации. В работе произведена комплексная оценка полученных продуктов по потребительским свойствам – органолептическим и физико-химическим показателям – на соответствие требованиям национального стандарта. Для выбранного образца, значения показателей качества которого не выходило за нормируемые, произведен расчет пищевой ценности. Полученное сахарное печенье содержит необходимые для людей с предрасположенностью к возрастной макулярной дегенерации нутриенты, а также обладает высокой биологической эффективностью. Регулярное употребление в рационе данного продукта позволит предотвратить развитие заболевания на предсимптомной стадии.

Ключевые слова: возрастная макулярная дегенерация, сахарное печенье, каротиноиды, витамин Е, цинк, селен, медь.

Для цитирования: Чубарова, М. В., Орловцева, О. А., Тефикова, С. Н. Разработка рецептуры сахарного печенья для потребителей с предрасположенностью к возрастной макулярной дегенерации // Ползуновский вестник. 2022. № 1. С. 86–94. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.01.012.

Original article

DEVELOPMENT OF A SUGAR COOKIES FORMULA FOR CONSUMERS WITH A PREDISPOSITION TO AGE-BASED MACULAR DEGENERATION

Maria V. Chubarova ¹, Olga A. Orlovtsseva ², Svetlana N. Tefikova ³

^{1,2,3} K.G. Razumovsky Moscow State University of Technologies and Management (FCU), Moscow, Russia

¹ chubarovamasha74@mail.ru

² o.orlovtsseva@mgutm.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3796-1679>

³ s.tefikova@mgutm.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9086-0781>

Abstract. *The scientific article is devoted to the production of products for personalized nutrition, in particular, the development of a recipe and technology for the preparation of sugar cookies for people with a predisposition to age-related macular degeneration. This disease develops in elderly people, while degeneration of the macula is observed - the most significant part of the retina, which is responsible for the sharpness, sharpness and level of central object vision. One of the reasons for the development of the disease is hereditary predisposition. However, the development of the disease can be stopped if the human diet contains sufficient amounts of carotenoids (lutein and zeaxanthin), as well as polyunsaturated fatty acids, vitamin E and trace elements (zinc, selenium, copper) that increase their digestibility. In the work, the selection of raw materials containing these micronutrients was carried out, and a recipe for sugar cookies was developed, the systematic use of which will lead to methylation of the genes responsible for the occurrence of age-related macular degeneration. In the work, a comprehensive assessment of the obtained products in terms of consumer properties - organoleptic and physico-chemical indicators - was carried out for compliance with the requirements of the national standard. For the selected sample, the values of the quality indicators of which did not go beyond the normalized ones, the nutritional value was calculated. The resulting sugar biscuit contains nutrients necessary for people with a predisposition to age-related macular degeneration, and also has a high biological efficiency. Regular consumption of this product in the diet will prevent the development of the disease at the presymptomatic stage.*

Keywords: *age-related macular degeneration, sugar cookies, carotenoids, vitamin E, zinc, selenium, copper.*

Forcitation: Chubarova, M. V., Orlovtsseva, O. A. & Tefikova, S. N. (2022). Development of a sugar cookies formula for consumers with a predisposition to age-based macular degeneration. *Polzunovskiy vestnik*, (1), 86-94. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.01.012.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время ассортимент продукции кондитерской индустрии весьма обширен, при этом благодаря устойчивому спросу соответствующий сегмент пищевого рынка демонстрирует стабильный рост и развитие. Способствует этому и научно-технический прогресс, позволяющий сократить издержки, достичь более высоких показателей качества, расширить ассортимент изделий.

Однако, несмотря на многие преимущества, у кондитерской продукции имеются существенные недостатки. Одним из недостат-

ков является то, что кондитерские изделия ввиду большого содержания сахара редко становятся основой для разработки функциональных продуктов, так как сами по себе обычно обладают невысокой пищевой и высокой энергетической ценностью.

При этом и мучные, и кондитерские изделия входят в рацион практически каждого человека, что делает их, несомненно, привлекательными в качестве основы для разработки продуктов с заданными свойствами, в том числе для достижения профилактического эффекта – предотвращения развития различных заболеваний.

Одной из таких проблем современного

общества являются заболеваниями, связанные со зрительной системой человека. Это обусловлено тем, что в настоящее время большинство людей постоянно используют гаджеты: смартфоны или планшеты; все больше видов работ осуществляются с применением программного обеспечения и требуют долгого временипрепровождения перед экраном компьютеров. Ввиду вышеописанного, расширение ассортимента кондитерских изделий функциональным продуктом для людей с проблемой зрительной системы, а именно с возрастной макулярной дегенерацией (ВМД), является актуальным.

В настоящее время проблеме разработки функциональных продуктов питания посвящено несколько государственных программ и стратегий [2, 3]. В частности, технологии и создание персонализированных продуктов является одним из перспективных направлений, входящих в рынок Фуднет НТИ [4].

Цель научного исследования заключается в предотвращении развития возрастной макулярной дегенерации у людей, предрасположенных к данному заболеванию, за счёт введения в рацион богатого каротиноидами продукта. Главная задача исследования – разработка технологии приготовления мучного кондитерского изделия, способного компенсировать недостаток таких нутриентов, действие которых приводит к метилированию генов, ответственных за возникновение данного заболевания.

Возрастная макулярная дегенерация – одно из самых распространенных глазных заболеваний, являющееся основной причиной потери зрения у людей старше 40 лет. По данным Всемирной организации здравоохранения [5], 161 миллион человек в мире страдают заболеваниями глаз, в том числе 25–30 миллионов человек поражены ВМД. В России заболеваемость возрастной макулярной дегенерацией составляет более 15 человек на 1000 населения. ВМД характеризуется необратимым прогрессирующим поражением центральной фотоактивной зоны сетчатки и является одной из нозологических форм, наиболее часто вызывающих потерю зрения среди населения. Соответственно, в связи с увеличением продолжительности жизни проблема ВМД остается актуальной.

Существуют исследования [6], в которых была установлена связь между уровнем потребления жиров с пищей и развитием поздней стадии ВМД. Риск ВМД выше у людей, которые употребляют в пищу больше насыщенных жиров и холестерина, а также при

повышенном индексе массы тела, и ниже у тех, в чьем пищевом рационе имеется достаточное количество омега-3 длинноцепочечных полиненасыщенных жирных кислот.

Для того чтобы предотвратить развитие ВМД, целесообразно включить в рецептуру сахарного печенья каротиноиды, а также селен, цинк и медь.

Каротиноиды – органические вещества, пигменты жёлтого, оранжевого и красного цветов, которые обладают антиоксидантной защитой. В рационе человека их достаточно мало – только 50 видов поступают в организм с пищей, и лишь 10 можно обнаружить в крови в заметном количестве [7]. Наиболее важными для функционирования зрения являются лютеин, зеаксантин и мезозеаксантин. Эти каротиноиды накапливаются в макуле и вместе образуют макулярный пигмент (МП), являющийся мощным антиоксидантом и способный нейтрализовать свободные радикалы. Поскольку известна роль свободных радикалов в развитии ВМД, вполне очевидно, что макулярный пигмент может сыграть определенную роль в защите от этой патологии. Многие проводимые в настоящее время исследования подтверждают этот факт, а заодно и то, что истощение макулярного пигмента приводит к увеличению риска развития ВМД. Соответственно, употребление с пищей лютеина, зеаксантина и мезозеаксантина в значительном количестве поможет предотвратить истощение МП, тем самым предотвратить возникновение ВМД [6].

Для того чтобы усилить действие каротиноидов, необходимо добавить в рецептуру нутриенты, которые будут оказывать синергетическое действие. Таким веществом является витамин Е – антиоксидант первого уровня защиты организма от свободных радикалов, который присутствует в сетчатке в виде клеточных мембран фоторецепторов и ПЭС и предотвращает окислительные процессы.

Для повышения усвояемости каротиноидов и усиления антиоксидантной защиты необходимы также минеральные вещества: медь, селен и цинк. Цинк – антиоксидант, нейтрализующий свободные радикалы. Он входит в состав специального фермента (глутатионпероксидазы), который блокирует выработку веществ, образующихся под действием световых лучей в процессе жизнедеятельности и оказывающих нежелательное действие на организм человека в виде свободных радикалов.

Также, как и цинк, медь и селен являются антиоксидантами. Селен входит в состав белков (селенопротеинов), которые регули-

РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУРЫ САХАРНОГО ПЕЧЕНЬЯ ДЛЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ С ПРЕДРАСПОЛОЖЕННОСТЬЮ К ВОЗРАСТНОЙ МАКУЛЯРНОЙ ДЕГЕНЕРАЦИИ

руют жизненно важные процессы. При дефиците селена нарушается их выработка, из-за чего страдает работа зрительной системы. Селенопротеины используются сетчаткой глаза в процессах преобразования световых волн в нервный импульс, поэтому их дефицит может сказываться на остроте зрения. Также в совокупности с витамином Е селен обеспечивает антиоксидантный барьер. Медь необходима для процессов созревания коллагена и формирования коллагеновой матрицы сосудистой стенки.

Рассмотрим сырье, которое планируется ввести в качестве источников основных нутриентов – каротиноидов, витамина Е и минеральных веществ (рисунок 1), необходимых в рационе людей с предрасположенностью к ВМД. Исходя из анализа литературных данных [8], в качестве функционального сырья как источника каротиноидов рассматривали тыкву, морковь, сельдерей и фисташки.

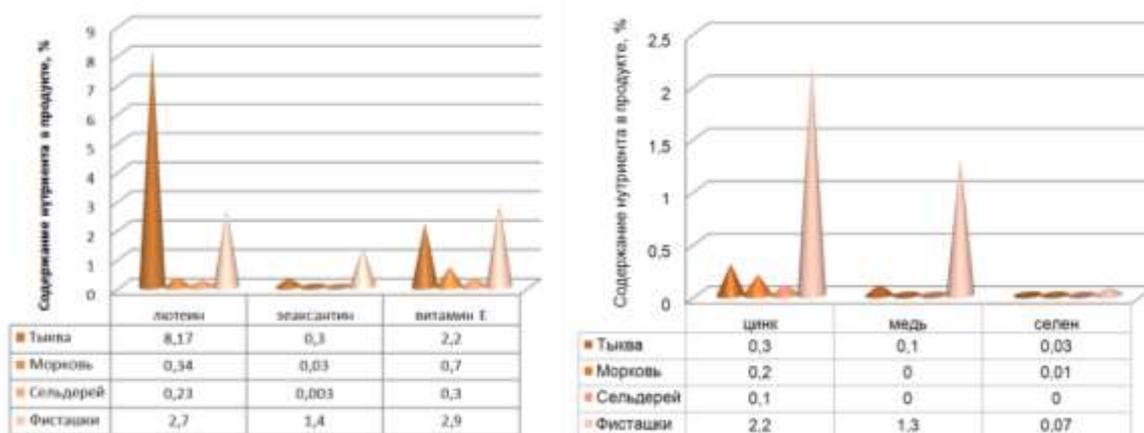


Рисунок 1 – Содержание нутриентов в 100 г исследуемого сырья

Figure 1 - Nutrient content per 100 g of test products

На основе проведенного обзора для реализации поставленной задачи в качестве основного источника сбалансированного комплекса необходимых нутриентов выбрана тыква. Мякоть тыквы содержит в себе лютеин и зеаксантин, которые образуют макулярный пигмент и цинк, являющийся блокатором свободных радикалов.

Тыквенная мука обладает нутриентным составом, необходимым для реализации поставленной задачи, а именно содержит селен, медь и витамин Е.

Каротиноиды хорошо усваиваются в продуктах, которые богаты полиненасыщенными жирными кислотами. Для этого в рецептуру вносятся фисташки – это единственный вид орехов, где присутствуют лютеин и зеаксантин. Фисташки содержат до 45 % жиров, витамин Е, селен, медь и цинк. Благодаря такому химическому составу орех обладает антиоксидантным действием, что оказывает позитивное воздействие на организм людей с предрасположенностью к ВМД и обуславливает необходимость введения его в рецептуру сахарного печенья [9].

Выбранная в качестве дополнительного

сырья брусника содержит в своем составе бета-каротин, который является крайне необходимым для глаз веществом, отвечающим за нормальную работу глаз в сумерки.

МЕТОДЫ

Разработка рецептуры сахарного печенья осуществлялась с учётом концепции оптимального питания Тутельяна В.А. [10] и концепции персонализированного питания [11].

Оценка качества образцов по органолептическим и физико-химическим показателям производилась на соответствие требованиям ГОСТ Р 2490-2014 [12].

В работе был произведен расчет пищевой ценности [13] полученного продукта.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Исходя из вышесказанного, был произведен подбор сырья для производства сахарного печенья: сахар, тыквенная мука, пюре брусники, пюре тыквы, подсолнечное масло и фисташки.

Анализ химического состава дополнительно вносимого сырья (таблица 1) позволил сделать вывод, что необходимое количе-

ство витамина Е может быть обеспечено за счет внесения в рецептуру печенья тыквенной муки, подсолнечного масла и фисташек. Последние два компонента также повысят содержание полиненасыщенных жирных кислот, необходимых для лучшей усвояемости

каротиноидов. Фисташки позволят обогатить продукт необходимыми минеральными веществами. Таким образом, предлагаемое сырье позволит обеспечить необходимый нутриентный состав печенья, предназначенного для потребителей с предрасположенностью к ВМД.

Таблица 1 – Химический состав

Table 1 - Chemical composition

Вещество	Сырьё				
	Тыквенная мука	Пюре брусники	Пюре тыквы	Подсолнечное масло	Фисташки
Жиры	4,0	0,5	0,07	100	45,3
Минеральные вещества (мг)					
Медь	0,537	–	0,1	–	1,3
Цинк	0,003	–	0,2	–	2,2
Селен	0,003	–	0,002	–	0,07
Витамин (мг)					
ВитаминЕ	2,2	1,0	0,8	41,1	2,9
Каротиноиды (мг)					
Лютеин	0,51	1,0	8,17	–	1,55
Зеаксантин	0,23	0,02	0,30	–	1,35

С учетом выбранных компонентов были разработаны рецептуры сахарного печенья и выпечены 3 образца (рисунок 2), которые от-

личаются соотношением внесенных компонентов, а именно тыквенной муки, пюре брусники, фисташек и пюре тыквы (таблица 2).



Рисунок 2 – Внешний вид полученных образцов:
а – образец 1; б – образец 2; в – образец 3

Figure 2 - Appearance of the obtained samples
a - sample 1, b - sample 2, c - sample 3

Таблица 2 – Соотношение функциональных компонентов

Table 2 - The ratio of functional components

Ингредиенты	Образец 1	Образец 2	Образец 3
Тыквенная мука	85 г	100 г	50 г
Пюре брусники	50 г	25 г	10 г
Фисташки	15 г	–	10 г
Пюре тыквы	60 г	50 г	95 г
Подсолнечное масло	15 г	20 г	30 г

В образец 3 внесли полигель D33, применение которого в рецептуре печенья позволит сократить время взбивания, обеспечит стабильную и равномерную структуру теста, высокий объем, а также увеличит срок свежести готового изделия. Кроме того, использование полигеля D33 в сахарном печенье улучшает потребительские свойства продукта – обеспечивает ровную поверхность без вздутий и надрывов.

Полученные образцы (рисунок 2) были проанализированы на соответствие требованиям ГОСТ Р. 24901-2014 по органолептическим (таблица 3) и физико-химическим (таблица 4) показателям.

Таблица 3 – Органолептические показатели

Table 3 - Organoleptic indicators

Наименование показателей	Требования ГОСТ Р 24901	Образец 1	Образец 2	Образец 3
Вкус и запах	Выраженные, свойственные вкусу и запаху компонентов, входящих в рецептуру печенья, без посторонних привкуса и запаха	Выраженный кислый вкус и легкий запах тыквенных семечек	Выраженный вкус и запах тыквенных семечек	Выраженный вкус и запах тыквы, а также послевкусие фисташек
Форма	Плоская, без вмятин, вздутий и повреждений края	Плоская, с вмятинами и поврежденными краями	Плоская, с вмятинами и поврежденными краями	Плоская, с небольшими вмятинами, без вздутий и поврежденных краев
Поверхность	Гладкая, с четким не расплывшимся оттиском рисунка на верхней поверхности	Не гладкая, с нечетким рисунком. Не подгорелая, без вздутий. Нижняя поверхность ровная. Поверхность шероховатая с вкраплениями частиц фисташки и брусники	Не гладкая, с трещинами. Не подгорелая, без вздутий. Нижняя поверхность ровная. Поверхность шероховатая с вкраплениями частиц фисташки и брусники	Не гладкая, с трещинами. Не подгорелая, без вздутий. Нижняя поверхность ровная. Поверхность шероховатая с вкраплениями частиц фисташки
Цвет	Равномерный, от светло-соломенного до темно-коричневого с учетом используемого сырья	Равномерный темно-коричневый	Равномерный темно-коричневый	Равномерный светло-коричневый
Вид в изломе	Пропеченное печенье с равномерной пористой структурой, без пустот и следов непромеса	Пропеченное печенье с равномерной пористой структурой, без пустот и следов непромеса	Пропеченное печенье с равномерной пористой структурой, без пустот и следов непромеса	Пропеченное печенье с равномерной пористой структурой, без пустот и следов непромеса

Таблица 4 – Физико-химические показатели

Table 4 - Physical and chemical indicators

Наименование показателей	Требования ГОСТ Р 24901	Образец 1	Образец 2	Образец 3
Массовая доля влаги, %, не более	10,0	10,3	11,1	9,8
Массовая доля общего сахара (по сахарозе), %, не более	35,0	32,1	36,8	34,0
Массовая доля жира, %, не более	30,0	27,3	29,6	25,3
Кислотность, град., не более	–	2,5	2,0	1,2
Намокаемость, %, не менее	180	182	179	160
Массовая доля золы, не растворимой в растворе соляной кислоты массовой долей 10 %, %, не более	0,10	0,12	0,10	0,03

Из таблиц 3 и 4 можно сделать вывод, что образец 3 соответствует требованиям стандарта по органолептическим показателям, при этом обладает более высокими потребительскими свойствами, в то время как в образцах 1 и 2 наблюдался выход значений

физико-химических показателей за нормируемые пределы.

Каротиноиды усваиваются лучше в присутствии полиненасыщенных жирных кислот, в связи с этим произведен расчет биологической эффективности полученного продукта – образца 3 (таблица 5).

Таблица 5 – Биологическая эффективность

Table 5 - Biological effectiveness

Фракция жирных кислот	Тыквенная мука		Фисташки		Подсолнечное масло		Di	Скор
	на 100 г продукта	на 100 г жиров	на 100 г продукта	на 100 г жиров	на 100 г продукта	на 100 г жиров		
Мононенасыщенные	3,0	30,2	2,4	5,3	7,1	7,1	35	1,1
Насыщенные	1,9	19,0	0,6	1,3	3,4	3,4	20	0,3
Полиненасыщенные	5,1	50,5	1,3	2,8	19,5	19,5	6	12,2

Из таблицы 5 видно, что тыквенная мука и фисташки обладают большим количеством полиненасыщенных жирных кислот, что благоприятно скажется на людях с предрасположенностью к ВМД, так как данные жирные кислоты препятствуют развитию возрастной

макулярной дегенерации, активизируя обменные процессы, которые проходят как внутри, так и снаружи клеток.

Расчет пищевой ценности образца 3 приведен в таблице 6.

Таблица 6 – Пищевая ценность

Table 6 - Nutritional value

Наименование показателей	Содержание в 100 г продукта, г	Нормы потребления, г, по МР 2.3.1.0253-21	Степень удовлетворенности, % от нормы в 100 г продукта
Белки	43,0	55	78
Жиры	46,4	59	78
Углеводы	53,6	250	21
Лютеин	0,011	0,012	90
Зеаксантин	0,0019	0,006	31
Витамин Е	0,0086	0,015	57
Цинк	0,0043	0,012	28
Медь	0,0009	0,001	90
Селен	0,000006	0,000055 (жен.) 0,000070 (муж.)	12 8

Произведенный расчет энергетической ценности исследуемого продукта – образца 3 – показал, что продукт не увеличил значение по сравнению со стандартной рецептурой, и оно составило 416 ккал.

ВЫВОДЫ

Полученная в результате исследований рецептура сахарного печенья с применением тыквенной муки, пюре тыквы, брусники и фисташек позволит обеспечить рацион людей с предрасположенностью к ВМД необходимыми нутриентами (каротиноидами – лютеином)

ПОЛЗУНОВСКИЙ ВЕСТНИК № 1 2022

РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУРЫ САХАРНОГО ПЕЧЕНЬЯ ДЛЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ С ПРЕДРАСПОЛОЖЕННОСТЬЮ К ВОЗРАСТНОЙ МАКУЛЯРНОЙ ДЕГЕНЕРАЦИИ

зеаксантином, витамином Е, минеральными веществами – цинком, медью и селеном), в значительной степени восполняя их дефицит при употреблении 100 грамм продукта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Всемирная организация здравоохранения официальный сайт. Москва. URL: <https://www.who.int/ru> (Дата обращения 09.11.2021).
2. Министерство науки и высшего образования. Программа «Приоритет-2030». Официальный сайт. Москва. URL : <https://www.minobrnauki.gov.ru/action/priority2030/> (Дата обращения 04.11.2021).
3. Резниченко И.Ю., Чистяков А.М., Щеглов М.С. Анализ конкурентных преимуществ функциональных мучных кондитерских изделий // Ползуновский вестник. 2021. № 3. С. 147–154.
4. Министерство экономического развития Российской Федерации. Стратегия пространственного развития Российской Федерации на период до 2025 года. Официальный сайт. Москва URL: <https://www.economy.gov.ru> (дата обращения 04.11.2021).
5. Федеральное государственное автономное учреждение национальный медицинский исследовательский центр – межотраслевой научно-технический комплекс. Официальный сайт. – Москва. URL: <https://khvmntk.ru/zabolevaniya/vozrastnaya-makulyarnaya-degeneraciya-vmd/> (дата обращения 04.11.2021).
6. Егоров Е.А., Романенко И.А. Возрастная макулярная дегенерация. Вопросы патогенеза, диагностики и лечения // РМЖ Клиническая офтальмология. 2009. Т. 10. № 1. С. 42–45.
7. Будзинская М.В., Файзрахманов Р.Р. Макулярные пигменты при дегенеративных процессах сетчатки // Вестник офтальмологии. Т. 134. № 5. 2018. С. 135–140.
8. Скурихин И.М., Тутельян В.А. Химический состав российских пищевых продуктов : Справочник. М. : ДеЛипринт, 2002. 236 с.
9. Кароматов И.Д., Саломова М.Ф. Медицинское значение фисташек // Биология и интерактивная медицина. 2017. № 7. С. 107–117.
10. Тутельян В.А. Здоровое питание для общественного здоровья // Общественное здоровье. Т. 1. № 1. 2021. С. 56–64.
11. Никитин И.А. Научное обоснование методов проектирования продуктов и рационов персонализированного питания, их товароведная оценка : дис... докт. техн. наук. М., 2019. 330 с.
12. ГОСТ 24901-2014. Печенье. Общие технические условия. М., Стандартинформ. 2019. 8 с.
13. Лаптева Н.К., Митькиных Л.В. Пищевая и биологическая ценность новых хлебобулочных и мучных кондитерских изделий // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. № 5 (66). 2018. С. 69–74.

Информация об авторах

М .В. Чубарова – студент 4 курса направления подготовки 19.03.02 «Продукты питания из растительного сырья» профиль «Технология хлеба, кондитерских и макаронных изделий» Московского государственного университета технология и управления им. К.Г. Разумовского (Первый казачий университет).

О. А. Орловцева – кандидат технических наук, доцент кафедры «Биотехнологии продуктов питания из растительного и животного сырья» Московского государственного университета технология и управления им. К.Г. Разумовского (Первый казачий университет).

С. Н. ТEFIКОВА – кандидат технических наук, доцент кафедры «Биотехнологии продуктов питания из растительного и животного сырья» Московского государственного университета технология и управления им. К.Г. Разумовского (Первый казачий университет).

REFERENCES

1. World Health Organization [Official website]. Moscow. Retrieved from <https://www.who.int/ru> (In Russ.).
2. Ministry of Science and Higher Education. Program "Priority-2030" [Official site]. Moscow. Retrieved from <https://www.minobrnauki.gov.ru/action/priority2030/> (In Russ.).
3. Reznichenko, I.Y., Chistyakov, A.M. & Shcheglov, M.S. (2021). Analysis of the competitive advantages of functional flour confectionery products. *Polzunovskiy Vestnik*. (3), 147-154. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.03.020. (In Russ.).
4. Ministry of Economic Development of the Russian Federation. The strategy of spatial development of the Russian Federation for the period up to 2025 [Official website]. Moscow. Retrieved from <https://www.economy.gov.ru>. (In Russ.).
5. Federal State Autonomous Institution National Medical Research Center - interbranch scientific and technical complex [Official website]. Moscow. Retrieved from <https://khvmntk.ru/zabolevaniya/vozrastnaya-makulyarnaya-degeneraciya-vmd/>. (In Russ.).
6. Egorov, E.A. & Romanenko, I.A. (2009). Age-old macular degeneration. Questions of pathogenesis, diagnosis and treatment. *BC Clinical ophthalmology*. 10(1), 42-45. (In Russ.).
7. Budzinskaya, M.V. & Fayzrakhmanov, R.R. (2018). Macular pigments in retinal degenerative processes. *Bulletin of Ophthalmology*. 134 (5), 135-140. (In Russ.).
8. Skurikhin, I.M. & Tutelyan, V.A. (2002). Chemical composition of Russian food products: Handbook. Moscow: Delhi print. (In Russ.).

9. Karomatov, I.D. & Salomova, M.F. (2017). The medical significance of pistachios. *Biology and interactive medicine*. №. 7. P. 107-117. (In Russ.).

10. Tutelyan, V.A. (2021). Healthy food for public health. *Public health*.1 (1). 2021. P. 56-64 (In Russ.).

11. Nikitin, I.A. (2019). Scientific substantiation of methods for designing products and rations of personalized nutrition, their product-specific assessment: Dissertation doct. tech. Science. Moscow. (In Russ.).

12. Cookies. General technical conditions (2019) HOST 24901-2014 from 19 November 2014. Moscow, Standard-form. (In Russ.).

13. Lapteva, N.K. & Mitkinykh, L.V. (2018). Food and biological value of new bakery and flour confectionery products. *Agrarian science of Euro-North-East*, 5(66). 69-74. (In Russ.).

Information about the authors

M. V. Chubarova - 4th year student of the training direction 19.03.02 "Food from vegetable raw materials" profile "Technology of bread, confectionery and macaroni products" K.G. Razumovsky Moscow State University of Technologies and Management (First Cossack University).

O. A. Orlovtseva - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Biotechnology of Food Products from Plant and Animal Raw Materials, K.G. Razumovsky Moscow State University of Technologies and Management (First Cossack University).

S. N. Tefikova - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Biotechnology of Food Products from Plant and Animal Raw Materials, K.G. Razumovsky Moscow State University of Technologies and Management (First Cossack University).

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

Статья поступила в редакцию 23.12.2021; одобрена после рецензирования 21.02.2022; принята к публикации 28.02.2022.

The article was received by the editorial board on 23 Dec 21; approved after reviewing on 21 Feb 22; accepted for publication on 28 Feb 22.



Научная статья

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

УДК 636.29/637.69

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.01.013

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПАНТОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗНЫХ СПОСОБОВ ИХ КОНСЕРВИРОВАНИЯ

Виталий Викторович Горшков¹, Елена Ивановна Машкина²,
Елена Михайловна Щетинина³

^{1,2} Алтайский государственный аграрный университет, Барнаул, Россия

³ Алтайский государственный технический университет, Барнаул, Россия

¹ vita-gorshkov@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3407-0552>

² ele.maski@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5191-8538>

³ schetinina2014@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3463-9502>

Аннотация. В статье изучено влияние разных способов консервирования на качественные показатели пантов марала. Установлено, что по сравнению с традиционным способом консервирования пантов варкой, использование вакуумной и инфракрасной обработки увеличило содержание биологически активных веществ в готовом продукте. При консервировании пантов инфракрасным высушиванием обработку проводили в течение 6 часов с длиной волны 1,6–2,4 мкм и активной вентиляцией. При вакуумной сушке панты раскладывали в горизонтальном положении и обрабатывали электронагревательными элементами при температуре 65 °С с использованием вакуумного насоса с величиной вакуума 0,094–0,096 Мпа в течение четырех часов. Проведенный органолептический анализ образцов пантов, консервированных разными способами, показал, что все образцы соответствовали требованиям нормативной документации и не имели дефектов. По содержанию жира превосходство пантов, консервированных вакуумной сушкой и инфракрасной, по сравнению с традиционным, составило на 0,5 и 1,47 % соответственно, по содержанию белка – на 6,56 % (по обоим образцам), по содержанию кальция – на 2,7 и 5,17 %, фосфора – на 2,13 и 2,44 %, меди – на 1,2 и 4,68 мг/кг и цинка – на 15,0 и 23,4 мг/кг. Использование метода инфракрасной и вакуумной сушки не установило разницы по затратам при консервировании, а по себестоимости повышение эффективности данных методов, по сравнению с традиционным, составило на 55,6 %. Изучение эффективности мараловодства использованием современных методов переработки пантов разными способами консервирования показало, что наиболее эффективным способом консервирования является вакуумная сушка, что позволяет получать продукт с наибольшим содержанием биологически активных веществ.

Ключевые слова: панты, марал, вакуумная сушка, инфракрасная сушка, жир, белок, аминокислоты, мараловодство.

Для цитирования: Горшков, В. В., Машкина, Е. И., Щетинина, Е. М. Повышение качества пантов использованием разных способов их консервирования // Ползуновский вестник. 2022. № 1. С. 95–99. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.01.013.

Original article

INCREASING THE QUALITY OF PANTS BY USING DIFFERENT WAYS OF THEIR PRESERVATION

Vitaly V. Gorshkov¹, Elena I. Mashkina²,
Elena M. Shchetinina³

^{1,2} Altai State Agrarian University, Barnaul, Russia

³ Polzunov Altai State Technical University, Barnaul, Russia

¹ vita-gorshkov@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3407-0552>

² ele.maski@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5191-8538>

³ schetinina2014@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3463-9502>

Abstract. *The article studies the influence of different canning methods on the quality indicators of maral antlers. It was found that, in comparison with the traditional method of preserving antlers by cooking, the use of vacuum and infrared processing increased the content of biologically active substances in the finished product. When preserving antlers by infrared drying, the treatment was carried out for 6 hours with a wavelength of 1.6-2.4 mkm and active ventilation. During vacuum drying, the antlers were laid out in a horizontal position and treated with electric heating elements at a temperature of 65 ° C using a vacuum pump with a vacuum of 0.094-0.096 MPa for four hours. The organoleptic analysis of antler specimens preserved in different ways showed that all specimens met the requirements of regulatory documents and had no defects. In terms of fat content, the superiority of antlers preserved by vacuum drying and infrared, compared with traditional ones, was 0.5 and 1.47 %, respectively, in protein content - by 6.56 % (for both samples), in calcium content - by 2.7 and 5.17 %, phosphorus - by 2.13 and 2.44 %, copper - by 1.2 and 4.68 mg / kg and zinc - by 15.0 and 23.4 mg / kg. The use of the method of infrared and vacuum drying did not establish a difference in costs for canning, and in terms of cost, the increase in the efficiency of these methods, in comparison with the traditional one, was 55.6 %. The study of the effectiveness of maral breeding using modern methods of processing antlers in different ways of canning showed that the most effective way of canning is vacuum drying, which allows you to get a product with the highest content of biologically active substances.*

Keywords: antlers, maral, vacuum drying, infrared drying, fat, protein, amino acids, maral breeding.

For citation: Gorshkov, V. V., Mashkina, E. I. & Shchetinina, E. M. (2022). Prospects for the use of peanuts in the production of cupcakes. *Polzunovskiy vestnik*, (1), 95-99. (In Russ.). doi:10.25712/ASTU.2072-8921.2022.01.013.

ВВЕДЕНИЕ

Перспективной в Алтайском крае отраслью сельскохозяйственного производства, являющейся источником различных биологически активных препаратов для человека, является мараловодство [1, 2, 3]. Основной получаемой продукцией являются панты – неокостеневшие рога самцов [4]. Важное значение в обеспечении качества пантовой продукции за счёт наилучшего сохранения биологически активных веществ в пантах играет определение способа их консервирования [5, 6].

Классическим способом консервирования пантов марала является их варка. Современные технологии позволяют разраба-

тывать новые способы консервации и экстракции биологически активных веществ в пантах, тем самым делая мараловодческую отрасль более эффективной, расширить ассортимент производимой из пантов продукции и сырья для фармакологической промышленности.

ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Цель работы заключалась в оценке эффективности использования в производственных условиях актуальных методов консервирования пантов марала.

Для достижения указанной цели были обозначены задачи:

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПАНТОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗНЫХ СПОСОБОВ ИХ КОНСЕРВИРОВАНИЯ

- оценить современные технологии разных способов консервирования сырых пантов;

- провести оценку качества пантов, консервированных традиционным способом – варкой, вакуумной сушкой и консервированием инфракрасной сушкой;

- дать экономическую оценку разным способам консервирования пантов.

Объекты и методы.

Исследования проводили на базе «Всероссийского научно-исследовательского института пантового оленеводства» Федерального государственного бюджетного научного учреждения: «Федеральный Алтайский научный центр Агробиотехнологий» в условиях опытного хозяйства НИИ ФГБУ «ОС Новоталицкое» в Чарышском районе Алтайского края.

Объектом исследования послужили панты марала консервированные разным способом. Первый образец пантов был консервирован традиционным способом (варкой), второй образец – вакуумной сушкой и третий – инфракрасной сушкой.

Для консервирования пантов использовали термо-тельферы для варки пантов, вакуум-сублимационную установку В2-ФСБ и лабораторную установку ИК-сушки, ветровую сушилку, морозильный ларь СНЕЖ МЛК 700.

Экспериментальная часть.

В процессе исследований было изучено строение пантов марала, их оценка и характеристика разных способов консервирования. Для оценки качества пантов, консервированных разными способами, был проведен их биохимический анализ.

Срезку пантов проводили по стандартной технологии [7, 8]. После срезки проводили затирание комля сухой глиной.

При консервировании пантов по стандартной технологии предварительно нагревают в емкости воду, затем комлем вверх панты погружают в кипящую, но не бурлящую воду верхушкой вниз до «ледяного» отростка, поочередно окуная три раза, затем делая перерыв на 10–15 минут. Указанные действия повторяют с двойной цикличностью. Комель погружают в воду один раз. Окончив варку, панты переносят в ветровую сушилку, где раскладывают на стеллажи горизонтально под углом в сторону комля.

Следующую варку проводят повторно по той же схеме. После варки панты размещают в жаровой сушилке при температуре 65–70 °С на шесть часов. Такую варку проводят в течение нескольких дней. Заканчивают консервирование ветровой сушкой до получения

влажности пантов 12 %, затем их досушивают и обтирают спиртом.

Инфракрасная сушка пантов включает после их срезки и затирки комля, предварительную заморозку при температуре минус 20–24 °С. Затем панты нарезают на пластинки (медальоны) толщиной по 0,5–0,7 мм, которые раскладывают на сетчатые кассеты с последующим размещением в инфракрасной сушилке (ИКС). Сушку медальонов проводят 6 ч с при активной вентиляции с длиной волны 1,6–2,4 мкм, после чего их извлекают и охлаждают при температуре 18–20 °С в течение 12 часов. Такую технологию повторяют до получения требуемой влажности пантов 12 %.

Вакуумную сушку осуществляют в вакуумной сушилке, предварительно разморозив и разложив горизонтально с последующим включением электронагревательных элементов – тэнов с рабочей температурой 65 °С и вакуумированием с величиной вакуума 0,094–0,096 Мпа. Для контроля рабочих автоматических режимов в вакуумной сушилке имеются терморегулятор и датчик уровня вакуума.

Вакуумную сушку проводят в пределах 4 ч, по окончании чего панты охлаждают в течение 12–24 часов при температуре 15–20 °С и повторяют процесс до удаления 35–40 % влаги из пантовых заготовок. Затем уровень рабочей температуры уменьшают до 45 °С и проводят термообработку в течение 7 часов с последующим охлаждением как в первом случае до получения влажности в готовом продукте на уровне 12–19 %, после чего процесс сушки прекращают. Общий период вакуумного консервирования составляет 6–9 дней.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Как показали проведенные исследования, при использовании современного оборудования для консервирования пантов маралов сроки консервирования сокращались в десять раз и более с сохранением высокого качества готового продукта. На рисунке 1 представлены биохимические исследования образцов пантов.

Проведенный после консервирования пантов разными способами органолептический анализ показал, что все образцы соответствовали требованиям ГОСТ и не имели дефектов [9, 10].

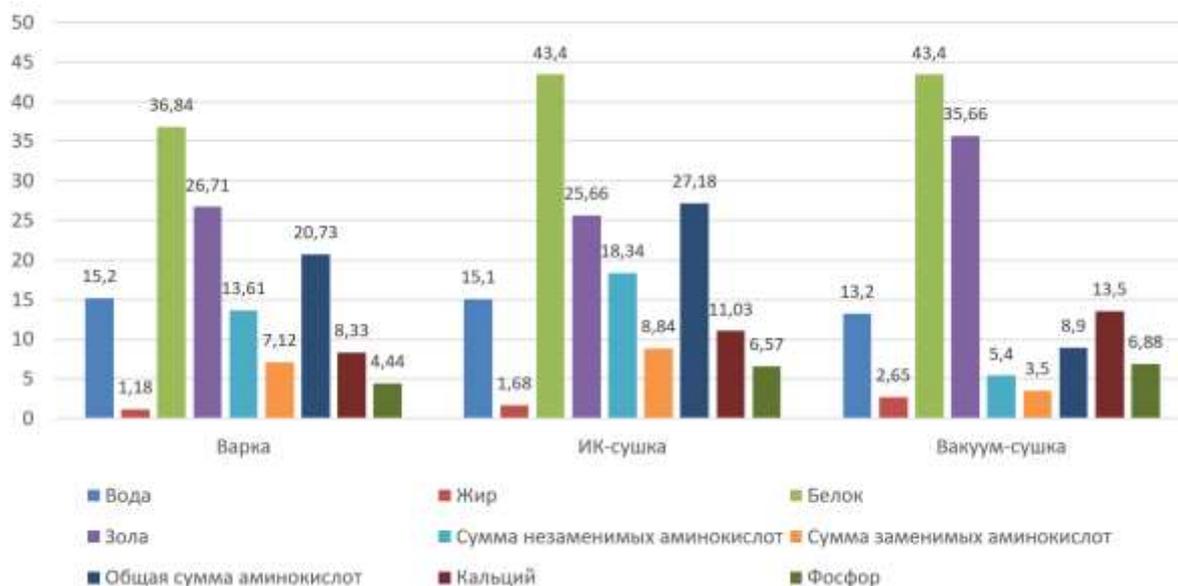


Рисунок 1 – Биохимический анализ образцов пантов

Figure 1 - Biochemical analysis of antler samples

Биохимический анализ образцов пантов (таблица 1) показал, что использование современных способов консервирования увеличило общехимический состав, содержание минеральных веществ и аминокислот.

По содержанию жира превосходство пантов, консервированных вакуумной сушкой и инфракрасной, по сравнению с традиционным, составило на 0,5 и 1,47 % соответственно, по содержанию белка – на 6,56 % (по обоим образцам), по содержанию кальция – на 2,7 и 5,17 %, фосфора – на 2,13 и 2,44 %.

Вместе с тем образцы пантов, консервированные инфракрасной сушкой, уступали традиционно консервированным образцам № 1 по уровню аминокислот: незаменимых – на 8,21 % и заменимых – на 3,62 %. Тогда как образцы, консервированные вакуумной сушкой, превосходили образцы № 1 по незаменимым аминокислотам – на 4,73 % и заменимым – на 1,72 %. По общему уровню аминокислот консервированные вакуумной сушкой образцы превосходили традиционно консервированные панты на 6,45 %, а ИК-обработанные уступали контрольным образцам на 11,83 %.

Такая же тенденция превосходства вакуум-консервированных образцов над консервированными варкой и уменьшение содержания у ИК-консервированных образцов отмечается по калию и железу. По содержанию марганца и меди панты, консервированные варкой, содержали по 5,00 мг/кг элемента и уступали консервированным вакуум-сушкой и ИК-сушкой, соответственно на 1,00

мг/кг и 5,90 мг/кг и 1,20 мг/кг и 4,68 мг/кг, по количеству цинка (37,5 мг/кг консервированные варкой) – на 15,00 мг/кг и 23,4 мг/кг.

Уровень потерь при консервировании первого образца традиционным способом составил 49 %, второго образца – 30 % и третьего – 53,5 %.

Использование метода инфракрасной и вакуумной сушки не выявило разницы в затратах при консервировании, а по себестоимости эффективность данных методов, по сравнению с традиционным, составило на 55,6 %.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изучение эффективности мараловодства использованием современных методов переработки пантов разными способами консервирования показало, что наиболее эффективным способом консервирования является вакуумная сушка, что позволяет получать продукт с наибольшим содержанием биологически активных веществ. Однако этот способ консервирования возможен только при наличии электроэнергии в хозяйстве, что существенно препятствует его внедрению в большинстве мараловодческих хозяйств. Также этот способ требует наличия достаточно дорогостоящего оборудования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Луницын В.Г. Пантовое оленеводство Алтая // Проблемы пантового оленеводства и пути их решения : сб. науч. трудов. Барнаул, 2002. Т. 1. 158 с.

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПАНТОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗНЫХ СПОСОБОВ ИХ КОНСЕРВИРОВАНИЯ

2. Пантовое оленеводство / А.И. Чикалев, Н.С. Петрусева, Н.М. Бессонова, Ю.А. Юлдашбаев // ИН-ФРА-М. Москва, 2014. 95 с.

3. Efficiency of mineral feed supplement using in maral deer (*Cervuselaphussibiricus*) diets / N.O. Korzhikenova, A.A. Sambetbaev, B.Zh. Kozhebaev, A.S. Koygeldinova, O.D. Iglikov // *Life Science Journal*. 2014. № 11 (8s). P. 368–372.

4. Луницын В.Г., Фролов Н.А. Продукция пантового оленеводства (способы консервирования, переработка, использование) : монография / РАСХН Сиб. отд. ВНИИПО. Барнаул, 2006. 270 с.

5. Луницын В.Г. Способы консервирования пантов // Проблемы пантового оленеводства и пути их решения : сб. науч. трудов. РАСХН, Сиб. отд. ВНИИПО. Барнаул, 2008. Т. 4. 152 с.

6. Луницын В.Г. Способы переработки продукции пантового оленеводства // Проблемы пантового оленеводства и пути их решения : сб. науч. трудов. – РАСХН, Сиб. отд. ВНИИПО. Барнаул, 2008. Т. 4. 155 с.

7. Луницын В.Г. Способ срезки пантов // Патент на изобретение РФ №2195231 А 61 D 1/00, А 01 К 17/00 Бюл. 36. 2002. 7 с.

8. Методика оценки качества пантов марала / В.Г. Луницын, С.И. Огнев, П.И. Краснослободцев [и др.]. РАСХН, Сиб. отд., ВНИИПО. Барнаул, 2007. 56 с.

9. Луницын В.Г. Производство, переработка и биохимический состав продукции пантового оленеводства. РАСХН, Сиб. отд., ВНИИПО. Барнаул, 2008. 294 с.

10. Луницын В.Г., Шалина М.Н. Оценка качества пантов марала // *Аграрная наука – сельскому хозяйству* : Международно-практич. конференция. Барнаул : Изд-во АГАУ. Кн. 2. 2006. 119 с.

REFERENCES

1. Lunitsyn, V.G. (2002). Antler reindeer breeding of Altai. *Problems of antler reindeer breeding and ways to solve them: Collection of scientific*. Proceedings. Barnaul, T. 1. (In Russ.).

2. Chikalev, A.I., Petruseva, N.S., Bessonova, N.M. & Yuldashbaev, Yu.A. (2014). *Antler reindeer breeding*. Moscow: INFRA-M. (In Russ.).

3. Korzhikenova, N.O., Sambetbaev, A.A., Kozhebaev, B.Zh., Koygeldinova, A.S. & Iglikov, O.D. (2014). Efficiency of mineral feed supplement using in maral deer (*Cervuselaphussibiricus*) diets. *Life Science Journal*, 11 (8s), 368-372. (In Russ.).

4. Lunitsyn, V.G. & Frolov, H.A. (2006). Antler reindeer breeding production (methods of canning,

processing, use). *Monograph: RASKhN Sib. branch of VNI IPO*. Barnaul. (In Russ.).

5. Lunitsyn, V.G. (2008). Methods for preserving antlers. *Problems of antler reindeer breeding and ways to solve them. Collection of scientific works*. RAAS, Sib. separation. VNI IPO. Barnaul, (4). (In Russ.).

6. Lunitsyn, V.G. (2008). Methods of processing products of antler reindeer breeding. *Problems of antler reindeer breeding and ways to solve them. Collection of scientific works*. RAAS, Sib. separation. VNI IPO. Barnaul, (4). (In Russ.).

7. Lunitsyn, V.G. (2002). *Method for cutting antlers*. Pat. 2195231 C 2, RU. Published: 27.12.2002, Byul. 36. (In Russ.).

8. Lunitsyn, V.G., Ognev, S.I., Krasnoslobodtsev, P.I. [et al.]. (2007). Methods for assessing the quality of maral antlers. Russian Academy of Agricultural Sciences, Sib. department, VNI IPO. Barnaul. (In Russ.).

9. Lunitsyn, V.G. (2008). Production, processing and biochemical composition of antler reindeer breeding products. RASKhN, Sib. branch, VNI IPO. Barnaul. (In Russ.).

10. Lunitsyn, V.G. & Shalina, M.N. (2006). Assessment of the quality of maral antlers. *Agricultural science - to agriculture: International practical conference*. Barnaul: Publishing house of ASAU, Book. 2. (In Russ.).

Информация об авторах

В. В. Горшков – кандидат. с.-х. наук, доцент, доцент кафедры технологии производства и переработки продукции животноводства Алтайского государственного аграрного университета.

Е. И. Машкина – кандидат. с.-х. наук, доцент кафедры технологии производства и переработки продукции животноводства Алтайского государственного аграрного университета.

Е. М. Щетинина – кандидат техн. наук, Алтайский государственный технический университет, доцент кафедры «Технологии продуктов питания».

Information about the authors

V. V. Gorshkov – the candidate of agricultural Sciences, associate Professor, Professor of chair of technology of production and processing of livestock products Altai State Agricultural University.

E. I. Mashkina – the candidate of agricultural Sciences, Professor of chair of technology of production and processing of livestock products Altai State Agrarian University.

E. M. Shchetinina – the candidate of Engineering sciences Polzunov Altai State Technical University, Barnaul, Associate Professor of the Department of Food Technologies.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 16.01.2022; одобрена после рецензирования 10.02.2022; принята к публикации 28.02.2022.

The article was received by the editorial board on 16 Jan 22; approved after reviewing on 10 Feb 22; accepted for publication on 28 Feb 22.



Научная статья

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

УДК 366.64

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.01.014

ДИАГРАММА СВЯЗЕЙ В СРАВНИТЕЛЬНОЙ ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА БЕЗАЛКОГОЛЬНЫХ ТОНИЗИРУЮЩИХ НАПИТКОВ

Ирина Юрьевна Резниченко¹, Наталья Викторовна Астахова²,
Анастасия Михайловна Маликова³

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

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

² astanata2014@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-1240-2184>

³ stery.toy@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-3240-8102>

Аннотация. Представлены результаты сравнительной оценки качества тонизирующих безалкогольных напитков, реализуемых отечественным ритейлом. Требования современного потребителя вынуждают производителей расширять ассортиментную линейку пищевых продуктов, в том числе и тонизирующих напитков, что формирует высокий уровень конкуренции на данном продовольственном сегменте рынка. Применение инструментов квалитетического анализа позволяет установить связь потребительских критериев и нормируемых показателей, выявить определяющие критерии выбора продукта.

Объекты и методы исследования. Объектами исследования при сравнительной оценке являлись образцы безалкогольных тонизирующих напитков. В качестве метода исследования применяли метод квалитетического анализа – диаграмму связей. Оценку качества тонизирующих напитков проводили по ГОСТ Р 52844-2007. Органолептические показатели и полноту налива оценивали по ГОСТ 6687.5; 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 связи между потребительскими характеристиками и факторами, влияющими на их формирование с помощью инструмента квалитетического анализа – диаграммы связей. Предложенная диаграмма отражает качество продукции как совокупность потребительских критериев, важных для удовлетворения спроса покупателя, и отдельных свойств напитка, регламентированных нормативными документами (неизвестными потребителями, но влияющих на потребительские характеристики). Диаграмма связей легла в основу разработанной балловой шкалы для оценки качества безалкогольных тонизирующих напитков и анализа потребительских критериев.

Выводы и рекомендации. Предложена балловая шкала оценки тонизирующих напитков, отражающая показатели диаграммы связей. Выявлены недостатки в маркировке образцов тонизирующих напитков, отсутствии информации, важной для потребителя. Сравнительная оценка качества позволила ранжировать исследуемые образцы в порядке снижения качественных показателей. Практическая значимость работы заключается в получении новых данных важных для производителя при выпуске конкурентоспособной продукции, отвечающей потребительским критериям качества.

Ключевые слова: безалкогольные тонизирующие напитки, конкурентоспособность, диаграмма связей, балловая шкала, свойства, сравнительная оценка, показатели качества, ранжирование образцов.

Для цитирования: Резниченко, И. Ю., Астахова, Н. В., Маликова, А. М. Диаграмма связей в сравнительной оценке качества безалкогольных тонизирующих напитков // Ползуновский вестник. 2022. № 1. С. 100–108. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.01.014.

Original article

RELATIONSHIP DIAGRAM IN A COMPARATIVE ASSESSMENT OF THE QUALITY OF SOFT TONING DRINKS

Irina Yu. Reznichenko ¹, Natalya V. Astahova ², Anastasiya M. Malikova ³

^{1,2,3} Kemerovo State University, Kemerovo, Russia

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

² astanata2014@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-1240-2184>

³ stery.toy@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-3240-8102>

Abstract. *The results of a comparative assessment of the quality of tonic soft drinks sold by domestic retail are presented. The requirements of the modern consumer force manufacturers to expand the range of food products, including tonic drinks, which forms a high level of competition in this food segment of the market. The use of qualimetric analysis tools makes it possible to establish a connection between consumer criteria and standardized indicators, to identify the defining criteria for choosing a product.*

Objects and research methods. The objects of research in the comparative evaluation were samples of non-alcoholic tonic drinks. As a research method, the method of qualimetric analysis was used—a diagram of connections. The quality assessment of tonic drinks was carried out in accordance with GOST R 52844-2007. Organoleptic characteristics and completeness of filling were assessed according to GOST 6687.5; analysis of the marking was carried out for compliance with the requirements of TR CU 022/2011 "Food products in terms of their labeling"; analysis of packaging - according to TR CU 005/2011 "On the safety of packaging".

Results and its discussion. The relationship between consumer characteristics and factors influencing their formation with the help of the qualimetric analysis tool - link diagrams are revealed. The proposed diagram reflects the quality of products as a set of consumer criteria that are important to meet customer demand and individual properties of the drink, regulated by regulatory documents (unknown to consumers, but affecting consumer characteristics). The relationship diagram formed the basis of the developed point scale for assessing the quality of soft drinks and the analysis of consumer criteria.

Conclusions and recommendations. A point scale for evaluating tonic drinks, reflecting the indicators of the diagram of connections, is proposed. There were revealed shortcomings in the labeling of samples of toning drinks, the lack of information important for the consumer. Comparative quality assessment made it possible to rank the studied samples in order of decreasing quality indicators. The practical significance of the work is to obtain new data important for the manufacturer in the production of competitive products that meet consumer quality criteria.

Keywords: soft drinks, competitiveness, relationship diagram, point scale, properties, comparative assessment, quality indicators, ranking of samples.

Acknowledgements: the author expresses gratitude to his / her colleagues for their help, thanks for the financial support of the research.

For citation: Reznichenko, I. Yu., Astahova, N. V. & Malikova, A. M. (2022). Relationship diagram in a comparative assessment of the quality of soft toning drinks. *Polzunovskiy vestnik*, (1), 100-108. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.01.014.

ВВЕДЕНИЕ

Безалкогольные тонирующие напитки – это напитки, содержащие кофеин и/или другие тонирующие компоненты в количестве, достаточном для обеспечения тонирующего эффекта на организм человека [1].

В качестве тонирующих компонентов в производстве напитков используют индивидуальные химические вещества, обладающие тонирующим действием на организм человека. Обычно тонирующими ингредиентами являются кофеин, таурин, глюкуронолактон, гуарана, L-карнитин, витамины, экс-

тракты трав, фирменные смеси и/или аминокислоты.

Кроме тонизирующих компонентов в состав тонизирующих напитков входит сахар или заменители сахара. Наиболее часто используемыми заменителями служат ацесульфам К, аспартам и цикламаты, сукралоза. Применение заменителей сахара позволяет снизить энергетическую ценность от 50 % (при замене части сахарозы) до 90 % [2]. Однако показано, что из-за возможных рисков для здоровья населения, связанных с чрезмерным использованием искусственных подсластителей, в частности аспартама, производителям следует изменять рецептуры и производить менее сладкие напитки без аспартама, что позволит потребителям адаптироваться к менее сладкому вкусу [2].

Проведенные в Бразилии и Иране исследования минерального состава энергетических напитков показали, что в них высокое содержание натрия, калия, кальция и магния. При этом напитки, хранящиеся в металлических банках, содержат более высокий уровень алюминия и магния, в то время как напитки, разлитые в бутылки из полиэтилентерефталата, имеют более высокое содержание калия [3]. Концентрации Pb, Ni, Cr, Cu, Ba, Hg, Cd и As в образцах напитков были ниже предела, установленного USEPA, FAO/WHO, CA и NSI (Министерством сельского хозяйства США, Продовольственной и сельскохозяйственной организацией / Всемирной организацией здравоохранения, Кодекс Алиментариус и Национальным стандартом Ирана). Напротив, концентрации Fe и Al в образцах безалкогольных напитков с содержанием Mn и Zn были выше предела, установленного данными организациями [4].

Важно отметить, что энергетические напитки пользуются популярностью, о частом потреблении которых сообщают спортсмены, военнослужащие и учащиеся. Кроме того, энергетические напитки продавались и продолжают продаваться детям и подросткам.

Тонизирующие (энергетические) напитки обладают хорошим вкусом, повышают уровень энергии, концентрацию, работоспособность, физическую активность и выносли-

вость, способствуют снижению веса, пользуются особым спросом среди молодежи, но они также представляют риск определенных опасностей для здоровья, например, отравления кофеином. Из-за этого различные регулирующие органы европейских и азиатских стран сформулировали разные требования в отношении состава, маркировки, распространения и продажи тонизирующих и энергетических напитков [5].

Требования современного потребителя вынуждают производителей расширять ассортиментную линейку пищевых продуктов, в том числе и тонизирующих напитков, что формирует высокий уровень конкуренции на данном продовольственном сегменте рынка [6].

Цель исследования – сравнительная оценка потребительских характеристик безалкогольных тонизирующих напитков путем построения дерева связей, показывающего связь между регламентированными показателями качества и потребительскими свойствами.

МЕТОДЫ

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

В качестве метода исследования применяли метод квалиметрического анализа – диаграмму связей. Данный инструмент использовали для выявления связей между потребительскими характеристиками и факторами, влияющими на их формирование.

Оценку качества тонизирующих напитков проводили по ГОСТ Р 52844-2007. Органолептические показатели и полноту налива оценивали по ГОСТ 6687.5; 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». В балловой оценке качества образцов принимали участие 9 независимых потребителей тонизирующих напитков.

ДИАГРАММА СВЯЗЕЙ В СРАВНИТЕЛЬНОЙ ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА БЕЗАЛКОГОЛЬНЫХ ТОНИЗИРУЮЩИХ НАПИТКОВ

Таблица 1 – Характеристика объектов исследования

Table 1 - Characteristics of research objects

Объект исследования (торговое название) / Изготовитель	Состав	Объем
№ 1 Hot Cat / ООО «ПК «Аквалайф»	Подготовленная питьевая вода, регуляторы кислотности: лимонная кислота и цитрат натрия 3-замещенный, таурин, комплексная пищевая добавка-смесь подсластителей (аспартам, ацесульфам калия, цикламат натрия), кофеин натуральный, растительный экстракт (экстракт гуараны), ароматизаторы, краситель (красный очаровательный АС), премикс витаминный (ниацин, пантотеновая кислота, витамин В6, фолацин, биотин, витамин В12)	0,45
№ 2 Burn / ООО «Кокка-Кола ЭйчБиСи Евразия»	Очищенная газированная вода, сахар, регуляторы кислотности (кислота лимонная, цитрат натрия), таурин, натуральные красители (антоцианин, карамель), глюкуронолактон, консерванты (сорбат калия, бензоат натрия), ароматизаторы, кофеин (не более 300 мг/л), инозитол, витамины (ниацин (В3), пантотеновая кислота (В5), В6, В12), антиокислитель аскорбиновая кислота, экстракт гуараны	0,449
№ 3 Gorilla / ЗАО «МПК»	Вода очищенная, сахар, вкусоароматическая сокодержащая основа (концентрированные соки апельсина и манго, ароматизаторы натуральные и идентичные натуральным, витамины: С, Е, А), регулятор кислотности: кислота лимонная, таурин, кофеин натуральный, окислитель: кислота аскорбиновая, L-карнитин, витаминный премикс	0,473
№ 4 Red Bull / «Пауэ Трейдинг АГ»	Вода, сахароза, глюкоза, регуляторы кислотности (цитраты натрия, карбонат магния, диоксид углерода), подкислитель (лимонная кислота), таурин (400 мг/100 мл), натуральный кофеин (32 мг/100 мл), глюкуронолактон, инозит, витамины (ниацин, пантотеновая кислота, В6, В12), ароматизаторы (натуральные и искусственные), красители (сахарный колер I простой, рибофлавин)	0,450

РЕЗУЛЬТАТЫ

Для применения диаграммы связей нами предложено конечный результат, который отразили как качество продукции, удовлетворяющее потребительский спрос, связать с отдельными потребительскими свойствами (известными потребителям) и свойствами напитка, регламентированными нормативными документами (неизвестными потребителям, но отражающимися в потребительских характеристиках).

Предложенная нами диаграмма согласуется с представленной Тадеушем Сикора (рисунок 1) [7], но отличается тем, что имеет дополнительные связи, позволяющие более полно отразить потребительские критерии. Диаграмма (рисунок 1) отражает связь безопасности и пищевой ценности с продуктами здорового питания, что не всегда согласуется.



Рисунок 1 – Диаграмма связей качества пищевых продуктов с безопасностью и свойствами

Figure 1 - Diagram of the relationship of food quality with safety and properties

Упаковку, как потребительский критерий выбора и как фактор, сохраняющий качество товара, потребитель оценивает с точки зрения ее чистоты, целостности и красочности (привлекательности), объема, удобства потребления продукта. Не всем потребителям известны показатели безопасности упаковки, которые оцениваются по ТР ТС 005/2011.

Например, для энергетических напитков, упакованных в металлические емкости, показатели безопасности определяются по таким показателям, как применение упаковки по назначению, вид материала упаковки, контак-

тирующего с продуктом, вид укупорочного средства, тип упаковки (полимерная, стеклянная, металлическая), наличие маркировочных знаков. Перечисленные свойства учли в диаграмме связей (рисунок 2).

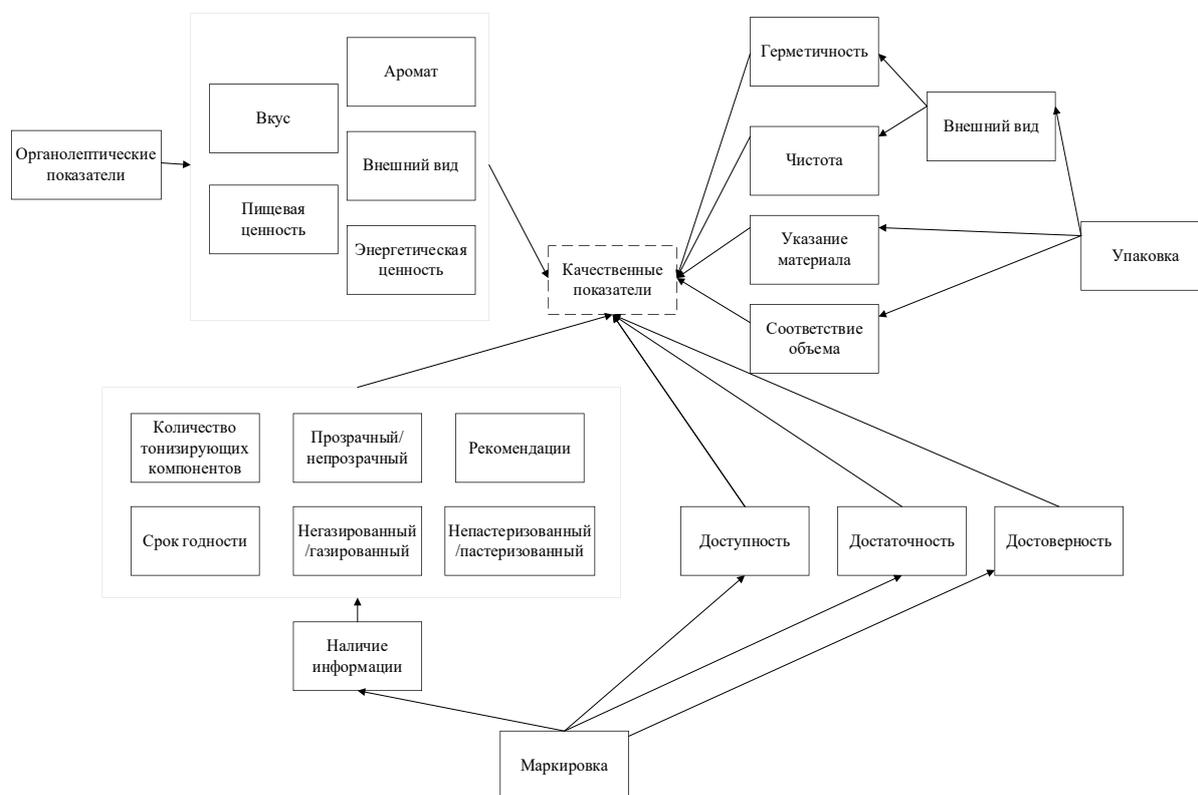


Рисунок 2 – Диаграмма связей: качественные характеристики безалкогольных тонизирующих напитков

Figure 2 - Relationship diagram: qualitative characteristics of soft drinks

ОБСУЖДЕНИЕ

В нашем случае все образцы упакованы в металлические емкости объемом до 0,5 л. Согласно ТР ТС 005/2011, если металлическая упаковка изготовлена из стали, в таком случае на упаковку наносится знак «Fe» или цифровой код 40, если из алюминия – «Al» или 41. При повторном использовании многоразовой упаковки из металла в производстве безалкогольных напитков на упаковку наносится маркировка в виде петли Мебиуса.

Анализ маркировки по показателям достаточность и достоверность оценивали в соответствии с требованиями ТР ТС 022/2011, доступность оценивали с точки зрения читабельности и контрастности маркировки, так как это основополагающие критерии выбора товара потребителем [8]. Отмечено, что не все предприятия-изготовители

доводят до потребителя достоверную информацию, касающуюся возможных неблагоприятных последствий употребления тонизирующих напитков [8]. Поэтому в диаграмме связей учли показатели информационной насыщенности маркировки как показатели, связанные с качественными характеристиками напитка.

Согласно классификации напитков безалкогольных тонизирующих (ГОСТ Р 52844-2007), они подразделяются по виду на прозрачные и замутненные, по насыщенности двуокисью углерода – на негазированные и газированные, по способу обработки – на непастеризованные, пастеризованные, напитки с применением консервантов, напитки без применения консервантов, напитки холодного розлива, напитки горячего розлива, напитки асептического розлива. Данные сведения должны быть доступны для потребителя и

ДИАГРАММА СВЯЗЕЙ В СРАВНИТЕЛЬНОЙ ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА БЕЗАЛКОГОЛЬНЫХ ТОНИЗИРУЮЩИХ НАПИТКОВ

вынесены на маркировку, в связи с чем в диаграмме связей отразили этот фактор.

При оценке маркировки образцов выявили, что ни на одном образце не указан его вид (прозрачный или замутненный), при условии, что напитки розлиты в непрозрачные металлические емкости, потребителю трудно оценить данное свойство. У образца № 3 Gorilla не указана степень насыщенности двуокисью углерода, у образца № 2 указано, что напиток сильногазированный, что не соответствует требованиям ГОСТ Р 52844, образцы № 1, 4, согласно заявленной маркировке, газированные. У всех образцов указана информация о количестве тонизирующих ингредиентов и рекомендации о применении.

При изучении информации, вынесенной на этикетку, сравнивали заявленное содержание тонизирующих веществ, витаминов с

рекомендуемыми нормами потребления пищевых и биологически активных веществ, согласно ГОСТ Р 52844-2007, МР 2.3.1.1915-04 «Рациональное питание. Рекомендуемые уровни потребления пищевых и биологически активных веществ», МР 2.3.1.0253-21 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации» [1, 9, 10].

Содержание тонизирующих веществ, их нормируемое количество и заявленное на маркировке исследуемых образцов напитков приведено в таблице 2. Необходимо отметить, что для витаминов В7 и В9 рекомендуемые уровни их содержания в ГОСТ Р 52844 отсутствуют, но, так как производители обогатили данными витаминами напитки, в таблице 2 привели рекомендуемые суточные нормы их потребления для взрослых [10].

Таблица 2 – Содержание тонизирующих веществ в образцах напитков

Table 2 - Content of tonic substances in beverage samples

Ингредиенты, мг/100 см ³	Норма	Наименование образца			
		Hot Cat	Burn	Gorilla	Red Bull
Кофеин	25–35	не более 30	не более 30	27	32
Таурин	300–400	200	не указано	не указано	250
L-карнитин	80–120	–	–	не указано	–
Глюкуронолактон	150–240	–	не указано	–	–
Инозит	10–25	–	не указано	–	–
Витамин В3 (ниацин)	6–8	2,88	5,8	2,88	8
Витамин В5 (пантотеновая кислота)	1–2	0,96	1,1	0,96	2
Витамин В6	1–2	0,32	0,6	0,32	1,27
Витамин В7 (биотин)	50 мкг/сут	24	–	24	–
Витамин В9 (фолацин)	400 мкг/сут	32	–	45,2 мкг	–
Витамин В12	0,001-0,002	0,16 мкг	0,28 мкг	0,16 мкг	0,19 мкг

Анализируя табличные данные, можно отметить, что в образце № 1 Hot Cat и № 4 Red Bull указано количество присутствующих в составе ионизирующих веществ и витаминов в количествах, находящихся в пределах нормируемых значений, кроме витаминов В3 и В6, доля которых занижена на 52 % и 32 % соответственно в образце № 1.

В образце № 2 Burn не указано количество таурина, глюкуронолактона и инозита, в образце № 3 Gorilla отсутствует информация о содержании таурина и L-карнитина. Содержание заявленных витаминов В3, В6 ниже нормируемых значений на 3,4 и 32 % соответственно у образца № 2 и на 52 и 32 % у образца № 3.

Отсутствие информации о количественном содержании тонизирующих компонентов и витаминов в анализируемых напитках является нарушением требований ГОСТ Р 52844 (Приложение А) и не соответствует требованию достаточность маркировки.

Срок годности тонизирующих напитков при соблюдении рекомендованных условий хранения составляет не более 12 месяцев со дня изготовления. Современный потребитель отдает предпочтение продукту с меньшими сроками годности [11]. У анализируемых образцов срок годности составил 6 месяцев, кроме образца Red Bull, срок годности которого 1 год.

Анализируя доступность маркировки для прочтения, как важный критерий конкурентоспособности товара [12, 13], можно отметить, что только один образец № 3 Gorilla не соответствовал данному требованию. Информация нанесена светлым, блестящим, мелким шрифтом на темном фоне.

Из органолептических показателей нормируются внешний вид, вкус и аромат напитка, которые связаны с его составом. Также в диаграмме связей учитывали пищевую и энергетическую ценность напитка, как критерии потребительского выбора. Категория потребителей тонизирующих напитков, следящих за потреблением калорий в рационе, считают их низкокалорийными, так как энергетическая ценность в них низкая.

По составленной диаграмме связей разработали 30-балловую шкалу для оценки качества анализируемых образцов. Согласно

балловой шкале, упаковка оценивалась общим баллом 5, каждый единичный показатель упаковки оценивался от 0 до 1, маркировка оценивалась общим баллом 9, каждый единичный показатель от 0 до 1 балла. При оценке органолептических показателей за внешний вид, аромат и вкус ставили от 0 до 5 баллов, пищевую, в том числе энергетическую ценность, оценивали – от 0 до 1 балла, максимальный суммарный балл составил 16. При оценке образца от 25 до 30 баллов ему присваивается оценка «отлично», при оценке в 24–20 баллов – «хорошо», от 19 до 15 – «удовлетворительно».

В балловой оценке образцов принимали участие 9 независимых потребителей, при выставлении баллов обсуждение среди участников не допускалось. Среднее значение в баллах по каждому показателю представлено в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты оценки напитков безалкогольных тонизирующих по потребительским критериям, балл

Table 3 - The results of evaluating non-alcoholic tonic drinks by consumer criteria, score

Наименование показателя	Образцы напитков безалкогольных тонизирующих			
	Hot Cat	Burn	Gorilla	Red Bull
<i>1. Упаковка</i>				
Внешний вид	1	1	1	0,5
Чистота	1	1	1	1
Указание материала	1	1	1	1
Герметичность	1	1	1	1
Соответствие объема	1	1	1	1
Средний балл по группе	5,0	5,0	5,0	4,5
<i>2. Маркировка</i>				
Наличие информации:				
Прозрачный / непрозрачный	0	0	0	0
Негазированный / газированный	1	0,5	0	1
Непастеризованный / пастеризованный	1	1	1	1
Количество тонизирующих компонентов	1	0,5	0,5	1
Рекомендации по применению	1	1	1	1
Доступность	1	1	0,5	1
Достоверность	1	0,5	0,5	1
Достаточность	1	0,5	0,5	0,5
Срок годности	1	1	1	0,5
Средний балл по группе	8	6	5	7
<i>3. Органолептические показатели</i>				
Внешний вид	5	5	3,8	5
Аромат	4,1	4,4	3,4	3,0
Вкус	4,0	4,3	3,2	3,4
Пищевая / энергетическая ценность	1	1	1	1
Средний балл по группе	14,1	14,7	11,4	12,4
Итого	27,1	25,7	21,4	23,9

ДИАГРАММА СВЯЗЕЙ В СРАВНИТЕЛЬНОЙ ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА БЕЗАЛКОГОЛЬНЫХ ТОНИЗИРУЮЩИХ НАПИТКОВ

ВЫВОДЫ

Таким образом, в результате проведенных исследований построена диаграмма связей потребительских характеристик и регламентированных показателей качества безалкогольных тонизирующих напитков, показана связь характеристик и свойств при формировании потребительского спроса на напитки. Предложена балловая шкала оценки тонизирующих напитков, отражающая показатели диаграммы связей. Выявлены недостатки в маркировке образцов тонизирующих напитков, отсутствии информации важной для потребителя. Сравнительная оценка качества позволила ранжировать исследуемые образцы в порядке снижения качественных показателей: № 1 > № 2 > № 4 > № 3. Установлено, что аромат образца № 3 обладает сильно выраженным запахом апельсинового ароматизатора и несвойственным манго и апельсинову вкусом, внешний вид напитка недостаточно привлекательный. В целом образцы 1 и 2 оценили на «отлично», образцы 3, 4 – на «хорошо». Полученные результаты могут найти практическое применение при формировании качества тонизирующих напитков с целью удовлетворения потребительского спроса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 52844-2007. Напитки безалкогольные тонизирующие. Общие технические условия: введ. 2009-01-01. Москва, 2018. 12 с.
2. Trends in the Use of Low and No-Calorie Sweeteners in Non-Alcoholic Beverages in Slovenia / E. Hafner [et al] // Foods. 2021. Т. 10. № 2. С. 387. DOI: 10.3390/foods10020387.
3. Mineral Composition Evaluation in Energy Drinks Using IP OES and Chemometric Tools / A.S. Martins [et al] // Biological trace element research. 2020. Т. 194. № 1. С. 284–294. DOI: 10.1007/s12011-019-01770-y.
4. The concentration and health risk assessment of trace elements in commercial soft drinks from Iran marketed / N. Shariatifar [et al] // International Journal of Environmental Analytical Chemistry. 2020. С. 1–15. DOI: 10.1080/03067319.2020.1784412.
5. Energy drinks: health effects and consumer safety / J. Kaur [et al] // Nutrition & Food Science. 2019. № 6. С. 1075–1087. DOI: 10.1108/NFS-11-2018-0331.
6. Energy drinks: A contemporary issues paper / J.P. Higgins [et al] // Current sports medicine reports. – 2018. Т. 17. № 2. С. 65–72. DOI: 10.1249/JSR.0000000000000454.
7. Food risk analysis / M. Niewczas [et al] // Proceedings on Engineering Sciences. № 1. С. 261–272. DOI: 10.24874/PES01.02.0232.
8. Тихонова О.Ю., Котова Т.В., Котова Е.К. Оценка конкурентоспособности маркировки тонизиру-

ющих напитков // Индустрия питания. 2019. Т. 4. № 4. С. 64–76. DOI: 10.29141/2500-1922-2019-4-4-8.

9. МР 2.3.1.1915-04. Рекомендуемые уровни потребления пищевых и биологически активных веществ: Методические рекомендации. Введ. 02.07.2004. Москва, 2004. 46 с.

10. МР 2.3.1.0253-21. «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации» (утв. Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека 22 июля 2021 г.) [Электронный ресурс]. Режим доступа : <https://base.garant.ru/402816140>.

11. Сандракова И.В., Резниченко И.Ю. Исследование потребителей здорового питания // Практический маркетинг. 2019. № 12 (274). С. 22–27.

12. 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.

13. Тихонова О.Ю., Резниченко И.Ю., Суслова 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» Кемеровского государственного университета.

Н. В. Астахова – магистр кафедры «Управление качеством» Кемеровского государственного университета.

А. М. Маликова – магистр кафедры «Управление качеством» Кемеровского государственного университета.

REFERENCES

1. Non-alcoholic tonic drinks. General specifications. (2018). HOST R 52844-2007 from 1 Jan. 2009. Moscow: Standards Publishing House. (In Russ.).
2. Hafner, E., Hribar, M., Hristov, H., Kušar, A., Žmitek, K., Roe, M. & Pravst, I. (2021). Trends in the Use of Low and No-Calorie Sweeteners in Non-Alcoholic Beverages in Slovenia. Foods, 10 (2), 387. doi: 10.3390/foods10020387.
3. Martins, A., Junior, J., de Araújo Gomes, A., Carvalho, F., Filho, H. & das Graças Fernandes Dantas, K. (2019). Mineral Composition Evaluation in Energy Drinks Using ICP OES and Chemometric Tools. *Biological Trace Element Research*, 194 (1), 284-294. doi: 10.1007/s12011-019-01770-y.
4. Shariatifar, N., Seilani, F., Jannat, B., Nazmara, S. & Arabameri, M. (2020). The concentration and health risk assessment of trace elements in commercial soft drinks from Iran marketed. *International Journal Of Environmental Analytical Chemistry*, 1-15. doi: 10.1080/03067319.2020.1784412.
5. Kaur, J., Kumar, V., Goyal, A., Tanwar, B., Gat, Y., Prasad, R. & Suri, S. (2019). Energy drinks: health

effects and consumer safety. *Nutrition & Food Science*, 49 (6), 1075-1087. doi: 10.1108/nfs-11-2018-0331.

6. Higgins, J., Babu, K., Deuster, P. & Shearer, J. (2018). Energy Drinks. *Current Sports Medicine Reports*, 17(2), 65-72. doi: 10.1249/jsr.0000000000000454.

7. Niewczas-Dobrowolska, M., Sikora, T. & Prusak, A. (2019). FOOD RISK ANALYSIS. *Proceedings On Engineering Sciences*, 1(2), 261-272. doi: 10.24874/pes01.02.023.

8. Tikhonova, O., Kotova, T., & Kotova, E. (2019). Competitiveness Assessment of Tonic Drinks Labeling. *Food Industry*, 4(4), 64-76. doi: 10.29141/2500-1922-2019-4-4-8.

9. Recommended levels of consumption of food and biologically active substances: Methodological recommendations. MP 2.3.1.1915-04 from 2 jul 2004. Moscow: Federal Center for State Sanitary and Epidemiological Supervision of the Ministry of Health of Russia. (In Russ.).

10. MP 2.3.1.0253-21 "Norms of physiological needs for energy and nutrients for various groups of the population of the Russian Federation" (approved by the Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Welfare on July 22, 2021) [Electronic resource]. - Access mode: <https://base.garant.ru/402816140>. (In Russ.).

11. Sandrakova, I.V. & Reznichenko, I.Yu. (2019). Healthy food consumer research. Practical marketing, 12(274), 22-27. (In Russ.).

12. 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.).

13. 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.

N. V. Astakhova - Master of the Department of «Quality Management», of the Kemerovo State University.

A. M. Malikova - Master of the Department of «Quality Management», of the Kemerovo State University.

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

Статья поступила в редакцию 12.01.2022; одобрена после рецензирования 14.02.2022; принята к публикации 28.02.2022.

The article was received by the editorial board on 12 Jan 22; approved after reviewing on 14 Feb 22; accepted for publication on 28 Feb 22.



Научная статья

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

УДК 664.65

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.01.015

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА И КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ЗАВАРНЫХ МЕДОВЫХ ПРЯНИКОВ С ДОБАВЛЕНИЕМ ЧЕРЕМУХОВОЙ МУКИ

Елена Вадимовна Бояршинова

Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д. Н. Прянишникова, Пермь, Россия

l.boyarshinova@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7533-0659>

Аннотация. Современные технологии производства пряников разнообразны и включают в себя применение различного нетрадиционного сырья и добавок. Перед представителями кондитерского производства стоит задача расширения ассортиментного перечня товаров за счет разработки рецептур продуктов, отличающихся высокой пищевой ценностью. В связи с этим целью исследований было описание технологии производства заварных медовых пряников с добавлением 5 % и 10 % черемуховой муки от доли пшеничной муки с последующим контролем их качества и безопасности. В состав продукта входила мука пшеничная высшего сорта, черемуховая мука, мед натуральный цветочный, сахар-песок, маргарин, сода пищевая, яйца куриные, смесь специй и питьевая вода. Технология производства включала в себя приемку, подготовку и оценку сырья, приготовление сиропа, заваривание муки, замес теста и формовку, выпечку и охлаждение, фасование и хранение. Полученный образец пряника подвергали лабораторным исследованиям по показателям качества на соответствие требованиям ГОСТ 15810-2014 и по показателям безопасности на соответствие требованиям Технического регламента Таможенного союза (ТР ТС) 021/2011 «О безопасности пищевой продукции». Все исследуемые образцы соответствовали требованиям нормативных документов по физико-химическим показателям и показателям безопасности: микробиологическим показателям, содержанию остаточного количества пестицидов, микотоксинов, токсичных элементов. Образец с 10 % содержанием черемуховой муки не соответствовал требованиям ГОСТ 15810-2014 по вкусу и структуре. Образец с содержанием 5 % черемуховой муки полностью соответствовал требованиям стандарта по органолептическим показателям, получил наибольшее количество баллов при дегустационной оценке и рекомендован для производства.

Ключевые слова: заварной пряник, показатели качества, показатели безопасности, рецептура, технологическая схема производства.

Для цитирования: Бояршинова, Е. В. Технология производства и контроль качества заварных медовых пряников с добавлением черемуховой муки // Ползуновский вестник. 2022. № 1. С. 109–117. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.01.015.

Original article

PRODUCTION TECHNOLOGY AND QUALITY CONTROL CUSTARD HONEY CAKES WITH THE ADDITION OF CHERRY FLOUR

Elena V. Boyarshinova

Perm State Agrarian and Technological University named after Academician D. N. Pryanishnikov, Perm, Russia

i.boyarshinova@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7533-0659>

Abstract. Modern gingerbread production technologies are diverse and include the use of various non-traditional raw materials and additives. Representatives of the confectionery industry are faced with the task of expanding the assortment list of goods by developing recipes for products with high nutritional value. In this regard, the purpose of the research was to describe the technology of production of custard honey cakes with the addition of 5% and 10% of cherry flour from the proportion of wheat flour, followed by control of their quality and safety. The product included premium wheat flour, cherry flour, natural flower honey, granulated sugar, margarine, baking soda, chicken eggs, a mixture of spices and drinking water. The production technology included acceptance, preparation and evaluation of raw materials, syrup preparation, flour brewing, dough kneading and molding, baking and cooling, packing and storage. The resulting gingerbread sample was subjected to laboratory tests on quality indicators for compliance with the requirements of GOST 15810-2014 and on safety indicators for compliance with the requirements of the Technical Regulations of the Customs Union (TR CU) 021/2011 "On food safety". All tested samples met the requirements of regulatory documents on physico-chemical indicators and safety indicators: microbiological indicators, the content of residual amounts of pesticides, mycotoxins, toxic elements. The sample with a 10% content of cherry flour did not meet the requirements of GOST 15810-2014 in taste and structure. The sample containing 5% of cherry flour fully met the requirements of the standard for organoleptic parameters, received the highest number of points during the tasting evaluation and was recommended for production.

Keywords: gingerbread, quality indicators, safety indicators, recipe, technological scheme of production.

Forcitation: Boyarshinova, E. V. (2022). Production technology and quality control custard honey cakes with the addition of cherry flour. *Polzunovskiy vestnik*, (1), 109-117. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.01.015.

ВВЕДЕНИЕ

Пряничные изделия обладают высоким содержанием сахара и низкой биологической ценностью, но в последние годы пользуются высоким спросом среди населения ввиду доступности по ценовой политике любому сегменту рынка [9]. В связи с этим для представителей кондитерского производства стоит задача разработки научно-обоснованных технологий с применением нетрадиционного сырья, которое способно придать диетические свойства мучным кондитерским изделиям, повысить их биологическую ценность, увеличить срок хранения продукции при соблюдении требований к качественным характеристикам [3, 6, 10, 12]. На сегодняшний день существуют технологии производства

пряников с использованием семян дыни, добавлением сиропа топинамбура, применением кокосовой муки и с другими видами растительного сырья [5, 7, 11]. Научно обосновано при производстве пряников комплексное использование шрота амаранта и коллагенового гидролизата [4]. Одним из актуальных направлений расширения ассортимента пряничных изделий, а также повышения пищевой ценности продукта является изучение возможности применения в рецептуре черемуховой муки [2]. Черемуха является полезной ягодой. В ее составе содержится большой комплекс биологически активных веществ, витаминов, пектина [1, 8].

В связи с этим **цель исследований** – разработка технологии производства заварных медовых пряников с добавлением чере-

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА И КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ЗАВАРНЫХ МЕДОВЫХ ПРЯНИКОВ С ДОБАВЛЕНИЕМ ЧЕРЕМУХОВОЙ МУКИ

муховой муки с последующим контролем их качества и безопасности.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектом исследований является заварной медовый формовой пряник, произведенный на кафедре садоводства и перерабатывающих технологий ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ. За основу брали рецептуру пряника «Ачинские». Контроль качества и безопасности продукта проводили в аккредитованной лаборатории при температуре воздуха 18 ± 5 °С и относительной влажности воздуха не более 75 %. Для лабораторных исследований использовали следующее оборудование: весы электронные, дозатор, хроматограф газовый с масс-селективным детектором. Исследования проводились в трехкратной повторности. За результат исследований принимали среднее значение по трем измерениям. Отбор проб производили в соответствии с ГОСТ 5904-2019. Упаковка – пакеты полимерные (плёнка) по ГОСТ

12302-2013, разрешены для контакта с пищевой продукцией и соответствуют требованиям Технического регламента Таможенного союза (ТР ТС) 005/2011 «О безопасности упаковки». Определяли органолептические, физико-химические показатели, содержание остаточного количества пестицидов, микотоксинов, содержание токсичных элементов, микробиологические показатели по методикам, приведенным в таблице 1.

Для приготовления заварных медовых пряников использовали муку пшеничную высшего сорта по ГОСТ 26574-2017, черемуховую муку по ТУ 9164-001-96696443-2008, мед натуральный по ГОСТ 19792-2017, сахар-песок по ГОСТ 33222-2015, маргарин по ГОСТ 32188-2013, соду пищевую по ГОСТ 2156-76, яйца куриные по ГОСТ 31654-2012, смесь специй по технической документации предприятия-изготовителя (корица, имбирь, кардамон, мускатный орех, гвоздика, кориандр), воду питьевую по ГОСТ Р 32220-2013. Подготовку сырья и его пригодность определяли органолептическим методом.

Таблица 1 – Методики проведения лабораторных исследований

Table 1 - Methods of laboratory research

№ п/п	Наименование показателя	Методика
1.	Массовая доля влаги	ГОСТ 5900-2014
2.	Массовая доля жира	ГОСТ 31902-2012
3.	Массовая доля сахара	ГОСТ 5903-89
4.	Массовая доля золы	ГОСТ 5901-2014
5.	Остаточное содержание афлатоксина В1	ГОСТ 30711-2001
6.	Остаточное содержание дезоксиниваленола	М 04-45-2007
7.	Остаточное содержание ГХЦГ и его изомеров	МУ 2142-80
8.	Остаточное содержание ДДТ и его метаболитов	
9.	Содержание свинца	ГОСТ EN 14083-2013
10.	Содержание кадмия	
11.	Содержание мышьяка	ГОСТ 31707-2012
12.	Содержание ртути	ГОСТ 26927-86
13.	Наличие патогенных микроорганизмов	ГОСТ 31659-2012
14.	Наличие стафилококков S.aureus	ГОСТ 31746-2012
15.	Содержание плесеней	ГОСТ 10444.12-2013
16.	Содержание дрожжей	

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Рецептура заварного медового пряника с различным содержанием черемуховой муки с учетом потерь и упека приведена в таблице 2.

Технологический процесс производства включал в себя следующие этапы:

1. Приемка, подготовка и оценка качества сырья.

Используемое сырье принимали по качеству и массе. Мука пшеничная высшего сорта, маргарин и сахаросодержащие продукты, такие как: сахар-песок, мед натуральный являются основным сырьем для производства пряников. В качестве дополнительного сырья использовали муку черемуховую, соду пищевую, смесь специй и яйцо куриное. Для изготовления пряников применяли муку пшеничную высшего сорта с влажностью не более 15 %. Сахар-песок должен быть без

комков, сладкого вкуса и состоять из однородных кристаллов. Массовая доля влаги сахара-песка не превышала 0,15 %. Маргарин подвергали оценке по органолептическим, физико-химическим показателям и показате-

лям безопасности. Пшеничную, черемуховую муку и сахар просеивали, маргарин отправляли на зачистку, куриное яйцо мыли и отделяли от скорлупы.

Таблица 2 – Рецепт приготовления пряника заварного медового на 1000 кг продукта

Table 2 - Recipe for making honey custard gingerbread per 1000 kg of product

Наименование сырья и компонентов	Массовая доля сухих веществ, %	Расход сырья, кг					
		контрольный образец		содержание черемуховой муки, %			
		в натуре	в сухих веществах	5		10	
в натуре	в сухих веществах			в натуре	в сухих веществах		
мука пшеничная в/с	85,5	511,0	436,9	486,0	415,5	460,0	393,3
черемуховая мука	85,5	–	–	25,0	21,4	51,0	43,6
мёд натуральный цветочный	78,5	256,0	200,1	256,0	200,1	256,0	200,1
сахар-песок	99,8	154,0	153,7	154,0	153,7	154,0	153,7
маргарин	84,0	61,0	51,2	61,0	51,2	61,0	51,2
сода пищевая	50,0	2,0	1,0	2,0	1,0	2,0	1,0
яйца куриные	74,0	90,0	66,6	90,0	66,6	90,0	66,6
смесь специй	100,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
вода питьевая	–	54,0	–	54,0	–	54,0	–
итого	80,8	1138,0	919,5	1138,0	919,5	1138,0	919,5
упек и потери, %		13,8		13,8		13,8	
выход		1000,0	808,0	1000,0	808,0	1000,0	808,0

2. Приготовление сиропа.

В тестомесильной машине смешивали сахар-песок, мед и маргарин. Полученную смесь перемешивали и нагревали до $t = 65-75$ °С до полного растворения сахара-песка. Готовый сироп отправляли на фильтрование и охлаждение до температуры 50–65 °С.

3. Заваривание муки.

На этапе заваривания, который способствует более длительному сохранению пряников в свежем виде, в готовый охлажденный сироп добавляли предварительно просеянную пшеничную и черемуховую муку в соответствии с рецептурой и быстро перемешивали до однородной консистенции. Температура заварки составляла 48–50 °С. Для охлаждения и созревания заварку оставляли на 7 суток при температуре 10–15 °С.

4. Замес теста и формовка.

Для приготовления теста в тестомесильную машину загружали охлажденное заварное тесто и остальное сырье согласно рецептуре – пищевую соду, смесь специй и куриное яйцо. Замес теста осуществляли в течение 30–60 мин. Температура готового теста должна быть 29–30 °С, влажность – 20–22 %.

Для формовки пряника использовали тестомесильную машину.

5. Выпечка и охлаждение.

Отформованные заготовки отправляли в печь и выпекали в течение 7–10 минут при температуре 210–220 °С. Охлаждение горячих пряников проводили в течение 20–22 мин до температуры 40–45 °С.

6. Фасование и хранение.

Пряничные изделия фасовали в полимерные пакеты. Хранение продукции осуществляли при температуре не более 22 °С с относительной влажностью воздуха 75 %, не более 30 дней в сухом проветриваемом помещении.

Технологическая схема производства представлена на рисунке 1.

Полученный готовый образец пряника направляли в лабораторию с целью проведения испытаний продукции по показателям качества и безопасности.

Органолептический анализ качества приведен в соответствии с требованиями ГОСТ 15810-2014 «Изделия кондитерские. Изделия пряничные. Общие технические условия» в таблице 3.

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА И КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ЗАВАРНЫХ МЕДОВЫХ ПРЯНИКОВ С ДОБАВЛЕНИЕМ ЧЕРЕМУХОВОЙ МУКИ

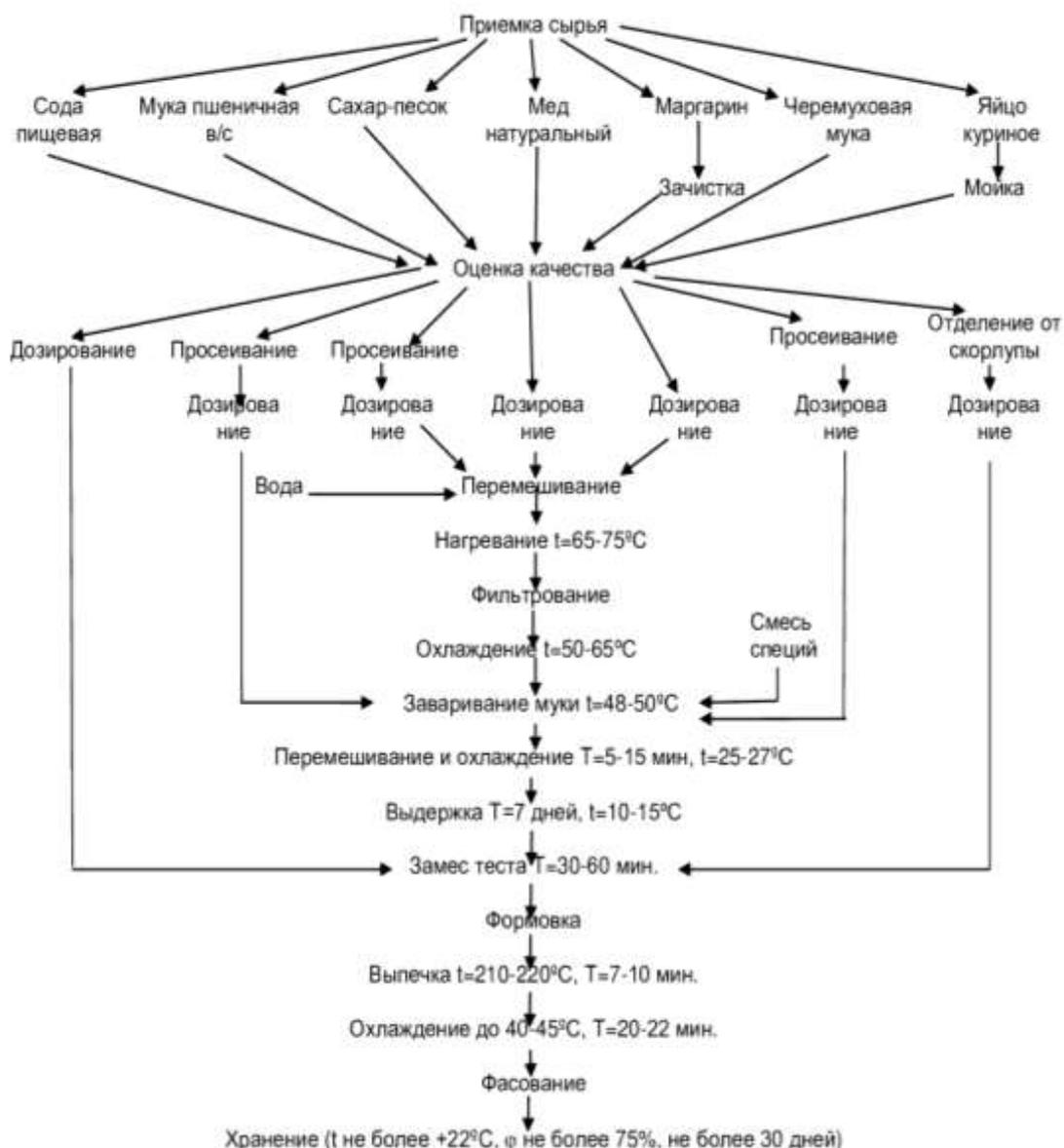


Рисунок 1 – Технологическая схема производства медового заварного пряника

Figure 1 - Technological scheme of honey custard gingerbread production

Органолептический анализ качества – первичный вид исследований при поступлении образца продукции в испытательную лабораторию, проводимый ее специалистами с помощью органов чувств: зрения, обоняния, осязания, вкуса. При отрицательных результатах исследований по органолептическим показателям необходимость проведения дальнейших исследований продукции отсутствует.

Проводили органолептическую оценку исследуемых образцов по вкусу и запаху, цвету, форме, структуре, поверхности и виду в изломе. Установлено, что контрольный образец без добавления черемуховой муки и образец с 5 % ее содержанием полностью соответствуют требованиям межгосударственного стандарта ГОСТ 15810-2014. Образец с добавлением 10% черемуховой муки отличался приторно сладким вкусом, сильно рассыпался при разламывании.

Таблица 3 – Органолептическая оценка качества заварного медового пряника

Table 3 - Organoleptic evaluation of the quality of custard honey gingerbread

Показатель	Значение показателя			
	по НД	результат испытаний		
		контрольный образец	5 %	10 %
Вкус и запах	Изделия с ярко выраженным сладким вкусом и ароматом, свойственными данному наименованию пряничного изделия, соответствующими вносимым вкусоароматическим добавкам, без посторонних привкуса и запаха.	Сладкий, без посторонних привкусов и запаха.	Сладкий, свойственный внешним компонентам, без посторонних привкусов и запаха.	Приторно сладкий, без посторонних привкусов и запаха.
Вид в изломе	Пропеченные изделия, с равномерной хорошо развитой пористостью, без пустот, закала и следов непромеса.	Изделия хорошо пропеченные, пористость равномерная, без следов непромеса.	Изделия хорошо пропеченные, пористость равномерная, без следов непромеса.	Изделия пропеченные, пористость равномерная, без видимых следов непромеса.
Цвет	От бело-кремового до темно-коричневого с оттенками различной интенсивности. Цвет мякиша – равномерный по всему объему изделия. Поверхность может быть темнее мякиша, нижняя поверхность темнее верхней.	Темно-коричневый, равномерный по всей поверхности.	Темно-коричневый, равномерный по всей поверхности.	Выраженный коричневый, неравномерный по всей поверхности.
Структура	Изделия с мягкой, связанной структурой, не рассыпающиеся при разламывании.	Изделия мягкие, при разламывании не рассыпаются.	Изделия мягкие, связанные структурой, при разламывании не рассыпаются.	Изделия мягкие, при разламывании рассыпаются.
Поверхность	Сухая, без крупных трещин, вздутий, впадин, не подгоревшая, без наплывов. Допускается наличие мелких трещин не более 5% площади поверхности.	Сухая, без крупных трещин, вздутий, не подгоревшая, без наплывов.	Сухая, без крупных трещин, вздутий, не подгоревшая, без наплывов.	Сухая, без крупных трещин, вздутий, не подгоревшая, без наплывов.
Форма	Правильная, разнообразная, нерасплывчатая, без вмятин, с выпуклой верхней поверхностью. Нижняя поверхность ровная.	Форма правильная, нижняя поверхность ровная.	Форма правильная, нижняя поверхность ровная.	Форма правильная, нижняя поверхность ровная.

В результате проведенной дегустационной оценки максимальное количество баллов отмечали у образца с добавлением 5 % черемуховой муки (рисунок 2). Образец заварного пря-

ника с содержанием 10 % черемуховой муки набрал наименьшее количество баллов и уступал двум другим образцам по показателям: структура, вид в изломе, вкус и цвет.

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА И КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ЗАВАРНЫХ МЕДОВЫХ ПРЯНИКОВ С ДОБАВЛЕНИЕМ ЧЕРЕМУХОВОЙ МУКИ



Рисунок 2 – Результаты дегустационной оценки исследуемых образцов

Figure 2 - Results of the tasting evaluation of the studied samples

Разное процентное содержание черемуховой муки в рецептуре пряника не оказало влияние на массовую долю золы, которая составила 0,038–0,039 % (таблица 4). Массовая доля влаги в прянике уменьшалась в образцах с содержанием черемуховой муки на 1,8–3,3 %. Массовая доля жира существенно не изменялась и была в пределах от 6,3–6,5 %, а массовая доля сахара была больше в пряниках с черемуховой мукой – на 0,9–2,4 %. Все исследуемые образцы по физико-химическим показателям соответствуют требованиям ГОСТ 15810-2014.

Большую опасность для человека может вызвать потребление продукции из сырья растительного происхождения с высоким содержанием микотоксинов. Микотоксины представляют собой токсичные вещества природного происхождения, вырабатываемые определенными видами плесневых грибов. По итогам лабораторных исследований по показателям безопасности установлено, что содержание афлатоксина В1 составляло 0,002–0,003 мг/кг, а дезоксиниваленола 0,2–0,3 мг/кг и не превышало максимально допустимых значений.

Таблица 4 – Результаты лабораторных исследований заварного пряника по физико-химическим показателям

Table 4 - Results of laboratory studies of gingerbread by physico-chemical parameters

№ п/п	Показатель	Ед. изм.	Значение показателя			
			по НД	контрольный образец	5 %	10 %
1.	Массовая доля влаги	%	8,5–16,0	13,0	11,2	9,7
2.	Массовая доля жира	% на с.в.	не более 15,0	6,5	6,3	6,3
3.	Массовая доля сахара	% на с.в.	не менее 24,0	27,5	28,4	29,9
4.	Массовая доля золы	% на с.в.	не более 0,1	0,039	0,038	0,039

Содержание остаточного количества пестицидов в образцах пряников не обнаружено (таблица 5). Содержание ртути во всех исследуемых образцах не обнаружено, равно, как и содержание кадмия и мышьяка в образце с отсутствием черемуховой муки и с её содержанием 5 %. Содержание свинца было минимальным и составляло 0,1–0,2 мг/кг в зависимости от исследуемого образца. Со-

держание патогенных микроорганизмов и золотистого стафилококка не обнаружено. Содержание плесени и дрожжей в образцах составило 3–4 КОЕ/г и было на 6–7 КОЕ/г ниже максимально допустимых значений.

Внесение в рецептуру заварного пряника нетрадиционного сырья растительного происхождения – черемуховой муки – не оказало влияния на показатели безопасности продук-

та. Содержание остаточного количества пестицидов, микотоксинов, токсичных элементов и микробиологические показатели полно-

стью соответствовали требованиям ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции».

Таблица 5 – Результаты лабораторных исследований заварного пряника по показателям безопасности

Table 5 - Results of laboratory studies of custard gingerbread by safety indicators

№ п/ п	Показатель	Ед. изм.	Значение показателя			
			по НД	контрольный образец	5 %	10 %
Содержание остаточного количества пестицидов и микотоксинов						
1	Афлатоксин В1	мг/кг	не более 0,005	менее 0,003	менее 0,002	менее 0,003
2	Дезоксиниваленол	мг/кг	не более 0,7	менее 0,2	менее 0,3	менее 0,2
3	ГХЦГ и его изомеры	мг/кг	не более 0,2	не обнаружено	не обнаружено	не обнаружено
4	ДДТ и его метаболиты	мг/кг	не более 0,02	не обнаружено	не обнаружено	не обнаружено
Содержание токсичных элементов						
5	Свинец	мг/кг	не более 0,5	0,1	0,1	0,2
6	Кадмий	мг/кг	не более 0,05	не обнаружено	не обнаружено	0,01
7	Мышьяк	мг/кг	не более 0,3	не обнаружено	не обнаружено	0,02
8	Ртуть	мг/кг	не более 0,01	не обнаружено	не обнаружено	не обнаружено
Микробиологические показатели						
9	Патогенные микроорганизмы	–	не допускается в 25 г	не обнаружено	не обнаружено	не обнаружено
10	Стафилококки S.aureus	–	не допускается в 0,01	не обнаружено	не обнаружено	не обнаружено
11	Плесени	КОЕ/г	не более 10	3	3	4
12	Дрожжи	КОЕ/г	не более 10	3	3	4

ВЫВОДЫ

1. Разработана рецептура пряника заварного медового с добавлением черемуховой муки взамен части пшеничной.

2. В ходе экспериментальных исследований было установлено, что черемуховую муку рекомендуется вносить в смеси с пшеничной мукой на этапе приготовления заварки.

3. Органолептический анализ качества показал соответствие пряника заварного с содержанием 5 % черемуховой муки требованиям ГОСТ 15810-2014 по вкусу и запаху, виду в изломе, цвету, структуре, поверхности и форме, позволяющее его рекомендовать для производства. Пряник с добавлением 10 % черемуховой муки отличался приторно сладким вкусом, сильно рассыпался при разламывании, что обусловило более низкое количество баллов при дегустационной оценке.

4. Физико-химические показатели и показатели безопасности всех исследуемых образцов были в пределах допустимых значений в соответствии с требованиями Технического регламента Таможенного союза 021/2011 «О безопасности пищевой продукции».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Босенко О.А., Кузьмина С.С., Захарова А.С. Влияние порошка черемухи на качество сахарного печенья // Ползуновский вестник. 2017. № 2. С. 33–36.

2. Босенко О.А., Захарова А.С. Использование местного растительного сырья в производстве пряников // Технологии и оборудование химической, биотехнологической и пищевой промышленности: сборник трудов по материалам XI Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием (Бийск, 23–25 мая 2018). Бийск : Изд-во АлтГТУ им. И.И. Ползунова, 2018. С. 479–480.

3. Кочетов В., Аксенова Л.М., Талейник М.А. Принцип создания сквозной технологии мучных

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА И КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ЗАВАРНЫХ МЕДОВЫХ ПРЯНИКОВ С ДОБАВЛЕНИЕМ ЧЕРЕМУХОВОЙ МУКИ

кондитерских изделий // Хлебопродукты. 2011. № 10. С. 54–56.

4. Пашченко Л.П., Антипова Л.В., Пашченко В.Л. Использование шрота амаранта и коллагенового гидролизата в производстве пряников // Хлебопродукты. 2010. № 7. С. 28–30.

5. Пруидзе Э.Г., Силагадзе М.А., Хецуриани Г.С. Пряники функционального назначения // Пищевая промышленность. 2009. № 11. С. 50–51.

6. Рустемова А.Ж., Байысбаева М.П. Использование нетрадиционного сырья в производстве заварных пряников // Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. 2018. № 7. С. 9–13.

7. Сигарева М.А., Шалтумаев Т.Ш., Могильный М.П. Разработка рецептуры и технологии пряников с продуктами переработки льна // Успехи современной науки. 2016. Т. 4. № 8. С. 38–39.

8. Типсина Н.Н., Яковчик Н.Ю., Глазырин С.В. Перспективы использования черемухи обыкновенной // Вестник КрасГАУ. 2013. № 10 (85). С. 262–270.

9. Тюреева С.В. Пряники: история, производство, дефекты // Хлебопродукты. 2015. № 8. С. 38–39.

10. Харьков С.Е., Гончар В.В., Росляков Ю.Ф. Новая технология заварных пряничных изделий с использованием нетрадиционного растительного сырья // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2012. № 5–6. С. 112–113.

11. Coconut meal: nutraceutical importance and food industry application / Kaur K., Chhikara N., Sharma, P. [et al.] // Foods and Raw Materials. 2019. Т. 7. № 2. С. 419–427.

12. Dubkova N.Z., Kharkov V.V., Vakhitov M.R. Using Jerusalem artichoke powder in functional food production // Foods and Raw Materials. 2021. Т. 9. № 1. С. 69–78.

3. Kochetov, V., Aksenova, L.M., Taleisnik, M.A. (2011). The principle of creating a through technology of flour confectionery products. *Bread products*. (10), 54-56.

4. Pashchenko, L.P., Antipova, L.V., Pashchenko, V.L. (2010). The use of amaranth meal and collagen hydrolysate in the production of gingerbread. *Bread products*. (7), 28-30.

5. Pruidze, E.G., Silagadze, M.A., Hetsuriani, G.S. (2009). Functional gingerbread. *Food industry*. (11), 50-51.

6. Rustamova, A.Zh., Bayysbaeva, M.P. (2018). The use of unconventional raw materials in the production of custard cakes. *Science, new technologies and innovations of Kyrgyzstan*. (7), 9-13.

7. Sigareva, M.A., Shaltumaev, T.S., Mogilny, M.P. (2016). Development of the recipe and technology of gingerbread with flax processing products // *Successes of modern science*. Vol. 4. (8), 38-39.

8. Tipsina, N.N., Yakovchik, N.Yu., Glazyrin, S.V. (2013). Prospects for the use of common cherry. *Bulletin of KrasGAU*. 10 (85), 262-270.

9. Tyuryaeva, S.V. (2015). Gingerbread: history, production, defects. *Bread products*. (8), 38-39.

10. Kharkov, S.E., Gonchar, V.V., Roslyakov, Yu.F. (2012). New technology of custard gingerbread products using non-traditional vegetable raw materials. *News of higher educational institutions. Food technology*. (5-6), 112-113.

11. Kaur, K., Chhikara, N., Sharma, P. [et al.]. (2019). Coconut meal: nutraceutical importance and food industry application. *Foods and Raw Materials*. (2), 419-427.

12. Dubkova, N.Z., Kharkov, V.V., Vakhitov, M.R. (2021). Using Jerusalem artichoke powder in functional food production. *Foods and Raw Materials*. (1), 69-78.

REFERENCES

1. Bosenko, O.A., Kuzmina, S.S., Zakharova, A.S. (2017). The influence of cherry powder on the quality of sugar cookies. *Polzunovsky vestnik*. (2), 33-36.

2. Bosenko, O.A., Zakharova, A.S. (2018). The use of local vegetable raw materials in the production of gingerbread. *Technologies and equipment of chemical, biotechnological and food industry: a collection of works based on the materials of the XI All-Russian Scientific and practical Conference of students, post-graduates and young scientists with international participation*. Biysk: Publishing House of the Altai State Technical University named after I.I. Polzunov, 479-480. (In Russ).

Информация об авторах

Е. В. Бояршинова – ассистент кафедры садоводства и перерабатывающих технологий Пермского государственного аграрно-технологического университета имени академика Д. Н. Прянишникова.

Information about the authors

E. V. Boyarshinova - Assistant of the Department of Horticulture and Processing Technologies of the Perm State Agrarian and Technological University named after Academician D. N. Pryanishnikov.

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

Статья поступила в редакцию 12.01.2022; одобрена после рецензирования 25.02.2022; принята к публикации 28.02.2022.

The article was received by the editorial board on 12 Jan 22; approved after reviewing on 25 Feb 22; accepted for publication on 28 Feb 22.



РАЗДЕЛ 2. ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ, НАУКИ О МАТЕРИАЛАХ, МЕТАЛЛУРГИЯ

Научная статья
2.6.17 – Материаловедение (технические науки)
УДК 669.046.527
doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.01.016

ФОРМИРОВАНИЕ ЛИГАТУРЫ НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ Al-Ti-B ЭЛЕКТРОШЛАКОВЫМ ПРОЦЕССОМ С ПРИВЛЕЧЕНИЕМ ДИСПЕРСНЫХ ОТХОДОВ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Николай Николаевич Сафронов¹, Ленар Рустамович Харисов²,
Марат Рашитович Фазлыев³

^{1, 2, 3} Набережночелнинский институт Казанского (Приволжского) Федерального университета,
Набережные Челны, Россия

¹ safronov-45@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4834-0226>

² ln271@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0434-0718>

³ 4763460@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-0245-6007>

Аннотация. Предложен и исследован технологический процесс изготовления прутковой лигатуры Al-Ti-B электрошлаковым литьём. В настоящее время в заготовительном производстве машиностроения алюминиевых конструкций остро стоит проблема гарантированного измельчения структуры литых сплавов. С решением этой задачи эффективно справляется лигатура Al-Ti-B. Данная лигатура обладает высокой модифицирующей способностью, обработка которой расплава способствует формированию тонкой равноосной структуры алюминия и его сплавов, что значительно повышает их механические и литейные свойства. Альтернативной технологией получения лигатуры Al-Ti-B, лишённой многих недостатков плавильно-литейной, может быть таковая, основанная на процессе электрошлакового литья с получением компактных слитков. Технологическое преимущество электрошлакового процесса в приложении формирования литой заготовки заключается в том, что синтез материала заготовки, доведение его до жидкого агрегатного состояния, заполнение им литейной формы и затвердевание синтезированного материала происходит непрерывно и одновременно, что исключает множество технологических переделов, присущих традиционным способам получения литой заготовки, в силу того, что в обычной плавильно-литейной технологии указанные операции разобщены. Расходуемым электродом является изделие в виде прутка, полученное мундштучным прессованием смеси измельчённых исходных материалов. По предложенной технологии и соотношении исходных материалов в шихтовой композиции получен опытный прутковый материал лигатуры Al-Ti-B, электронно-микроскопические, микрорентгеноспектральные исследования, стереометрический анализ структуры которого показали приоритетное взаимодействие титана с бором. Это обстоятельство обусловило высокое качество модифицирующей лигатуры, выразившееся наличием в ней преобладающего количества мелких зародышеобразующих частиц диборида титана.

Ключевые слова: сплавы алюминия, модифицирование, лигатура Al-Ti-B, зародышеобразование, электрошлаковое литье, дисперсные отходы машиностроения.

Для цитирования: Сафронов, Н. Н., Харисов, Л. Р., Фазлыев, М. Р. Формирование лигатуры на основе системы Al-Ti-B электрошлаковым процессом с привлечением дисперсных отходов машиностроения // Ползуновский вестник. 2022. № 1. С. 118–125. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.01.016.

Original article

ADDITION ALLOY FORMATION BASED ON THE AL-TI-B SYSTEM BY AN ELECTROSLAG PROCESS USING DISPERSED MECHANICAL ENGINEERING WASTE

Nikolay N. Safronov ¹, Lenar R. Kharisov ², Marat R. Fazliyev ³

^{1, 2, 3} Naberezhnye Chelny Institute, Kazan (Volga Region) Federal University, Naberezhnye Chelny, Russia

¹ safronov-45@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4834-0226>

² ln271@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0434-0718>

³ 4763460@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-0245-6007>

Abstract. A technological process of the manufacture of Al-Ti-B rod addition alloy by electroslag casting has been proposed and investigated. At present, in the blank production of mechanical engineering of aluminum structures, there is an acute problem of guaranteed grinding of the cast alloys structure. The Al-Ti-B addition alloy effectively copes with the solution of this problem. This addition alloy has a high modifying ability, the melt processing contributes to the formation of a fine equiaxed structure of aluminum and its alloys, what significantly increases their mechanical and casting properties. An alternative technology for producing the Al-Ti-B addition alloy, devoid of many drawbacks of a smelting foundry technology, can be one based on the electroslag casting process to obtain compact ingots. The technological advantage of the electroslag process in the application of forming a cast billet is that the synthesis of the billet material, bringing it to a liquid state of aggregation, filling the mold with it and solidification of the synthesized material occurs continuously and simultaneously, which eliminates the many of technological redistributions inherent in traditional methods of producing a cast billet, due to the fact that these operations are separated in a smelting foundry technology. A consumable electrode is a product in the form of a rod, obtained by mouthpiece pressing a mixture of crushed raw materials. According to the proposed technology and the ratio of the initial materials in the charge composition, an experimental rod material of the Al-Ti-B addition alloy was obtained, electron-microscopic, micro-X-ray spectral studies, the stereometric structure analysis of which showed the priority interaction of titanium with boron. This circumstance determined the high quality of the modifying addition alloy, expressed in the presence in it of a predominant amount of small nucleating particles of titanium diboride.

Keywords: aluminum alloys, modification, Al-Ti-B addition alloy, nucleation, electroslag casting, dispersed mechanical engineering waste.

For citation: Safronov, N. N., Kharisov, L. R. & Fazliyev, M. R. (2022). Addition alloy formation based on the Al-Ti-B system by an electroslag process using dispersed mechanical engineering waste. *Polzunovskiy vestnik*, (1), 118-125. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.01.016.

ВВЕДЕНИЕ

Качественные характеристики и служебные свойства алюминиевых сплавов во многом определяются их структурой как на макро-, так и на микроуровнях. Среди множества технологических мероприятий, влияющих на структуру алюминиевых сплавов, особое место занимает модифицирование, т.е. измельчение основных структурных составляющих за счет различных воздействий на расплав, что положительно сказывается на свойствах литых изделий. Данная концепция основана на представлениях о микронеоднородном строении жидких алюминиевых сплавов. Мно-

гочисленные исследования показывают, что процессы зародышеобразования твёрдой фазы в металлических расплавах обусловлены существованием различных химических и структурных неоднородностей [1]. Традиционными модификаторами для силуминов являются различные флюсы на основе солей натрия и калия [2]. Однако они не лишены существенных недостатков с технологической и экологической точек зрения.

В настоящее время в заготовительном производстве машиностроения алюминиевых конструкций остро стоит проблема гарантированного измельчения структуры литых сплавов. С решением этой задачи эффектив-

но справляется лигатура Al-Ti-B. Данная лигатура обладает высокой модифицирующей способностью, обработка которой расплава способствует формированию тонкой равноосной структуры алюминия и его сплавов, что значительно повышает их механические и литейные свойства [3].

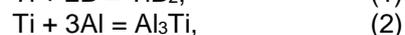
Основным и традиционным способом получения лигатуры Al-Ti-B является плавильно-литейная технология, различные варианты которой изложены в [5]. В качестве плавильного агрегата обычно используется печь сопротивления, в которой приготавливается расплав алюминия, имеющий температуру ≈ 800 °С. После снятия шлака с поверхности металла осуществляют порционное введение в расплав алюминия смеси титана с борсодержащим компонентом, перемешивание расплава и его разливку. Другой вариант приведенной технологии [4] заключается в следующем. В алюминиевый расплав сначала вводят под его уровень в несколько приемов с помощью титанового колокольчика тетрафторборат калия KBF_4 . Расплавы выдерживают с периодическим перемешиванием в течение получаса, нагревают до температуры 900 °С и загружают титановую губку, пропитанную карналлитовым флюсом. Далее снимают с поверхности металла шлак и полученную лигатуру разливают в стальные изложницы.

Анализ особенностей плавильно-литейной технологии получения лигатуры Al-Ti-B позволяет сделать вывод о том, что она многостадийна, время- и энергоёмка, требует тщательную организацию процессов по подготовке шихтовых материалов, приготовлению расплавов в плавильном агрегате, разливке и кристаллизации готового продукта с привлечением сложного дорогостоящего оборудования. Указанные обстоятельства негативно сказываются на эффективности применения обсуждаемой технологии и, в конечном счете, на себестоимости продукта.

Альтернативной технологией получения лигатуры Al-Ti-B, лишённой многих недостатков плавильно-литейной, может быть такая, основанная на процессе электрошлакового литья с получением компактных слитков. Технологическое преимущество электрошлакового процесса в приложении формирования литой заготовки заключается в том, что синтез материала заготовки, доведение его до жидкого агрегатного состояния, заполнение им литейной формы и затвердевание синтезированного материала происходит непрерывно и одновременно, что исключает массу технологических переделов, присущих

традиционным способам получения литой заготовки, в силу того, что в обычной плавильно-литейной технологии указанные операции разобщены. Кроме того, электрошлаковый металл отличается высоким качеством, обусловленным изоляцией металлического расплава слоем жидкого шлака и его рафинирующим воздействием на формирующийся металл в виде капель с высоко развитой поверхностью. Это обстоятельство гарантирует отсутствие таких негативных явлений, ухудшающих качество металла отливки, как загрязнение его газами, огнеупорами ковша и формовочной смесью, а при кристаллизации больших масс металла – развитие ликвации, образование усадочных и газовых раковин.

В настоящем исследовании электрошлаковое литьё лигатуры Al-Ti-B дополнено СВС-процессом, который привносит в разрабатываемую технологию ряд преимуществ: экономия энергетических затрат, создание возможности эффективного рециклирования дисперсных производственных отходов [6]. В основе указанного процесса лежит реакция (1) образования диборида титана из элементов с энергетическим эффектом $-323,63$ кДж/моль при 298 К [7] и Al_3Ti из элементов (4) с энергетическим эффектом -144 кДж/моль.



которые инициируются в режиме безгазового химического горения в присутствии третьего компонента – «растворителя», в его расплаве возможно формирование обсуждаемого продукта. Цель исследования – разработка технологического процесса получения лигатуры Al-Ti-B на основе комбинации электрошлакового литья с СВС при использовании дисперсных отходов машиностроения и получение качественного продукта.

МЕТОДЫ

Схема установка, на которой в настоящем исследовании производилось получение лигатуры Al-Ti-B, представлена на рисунке 1.

Данная установка основана на способе электрошлакового литья с переливом металла.

Этот способ предполагает разделение процессов плавки электродов (7) и кристаллизации жидкого металла (2), которые осуществляются порознь в плавильной печи (4) и литейной форме (5). Жидкий металл (3) из плавильной печи (4) поступает в форму (5) путем перелива. Металл в плавильной печи

ФОРМИРОВАНИЕ ЛИГАТУРЫ НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ AL-TI-B ЭЛЕКТРОШЛАКОВЫМ ПРОЦЕССОМ С ПРИВЛЕЧЕНИЕМ ДИСПЕРСНЫХ ОТХОДОВ МАШИНОСТРОЕНИЯ

(4) и форме (5) постоянно находится под слоем жидкого шлака (2).

В ходе процесса формирования лигатуры Al-Ti-B в виде прутка (6) с квадратным се-

чением (сторона квадрата равна 10 мм) литейная форма (5) по мере ее заполнения перемещается вниз относительно неподвижной плавильной печи (4).

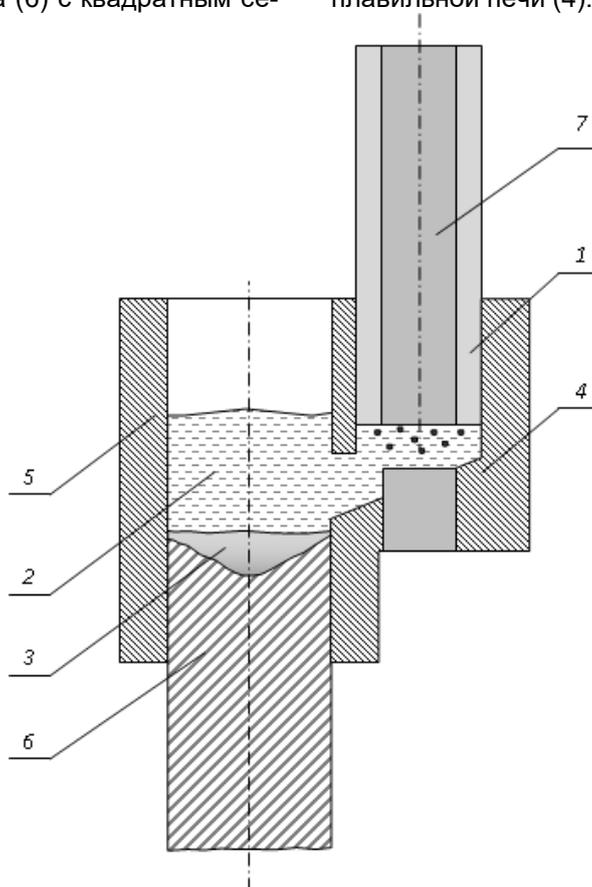


Рисунок 1 – Схема установки: 1 – мундштук; 2 – жидкий шлак; 3 – жидкий металл; 4 – плавильная печь; 5 – литейная форма; 6 – отливка; 7 – расходуемый электрод

Figure 1 - Equipment drawing: 1 - mouthpiece; 2 - liquid slag; 3 - liquid metal; 4 - melting furnace; 5 - casting mold; 6 - casting; 7 -- consumable electrode

Таблица 1 – Химический состав (% масс.) исходных материалов для получения лигатуры Al-Ti-B

Table 1 - Chemical composition (% wt.) of the starting materials for obtaining the Al-Ti-B master alloy

Алюминиевый литейный сплав марки АК7							
Al	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Ni
88,9	7,7	0,9	1,4	0,4	0,3	0,2	0,2
Технический титан марки ВТ1-00							
Ti	Fe	C	Si	N	O	H	
99,69	0,10	0,03	0,07	0,03	0,08	0,004	
Аморфный бор марки А							
B	Mg	Si	Fe	Влага			
93,5	3,6	0,1	0,6	0,2			

Основным материалом, из которого изготавливается экспериментальная установка (mundштук (1), плавильная печь (4), литейная форма (5)), является графит. Материалом жидкого шлака (2) служила смесь солей KCl , $MgCl_2$, LiF , MgF_2 в следующем массовом соотношении между собой: 30:30:30:10.

Исходными материалами для получения лигатуры Al-Ti-V служили стружечные отходы алюминиевого сплава аналогичной марки, подвергаемой модифицированию указанной лигатурой, а именно: АК7, технического титана марки ВТ1-00 и аморфный бор марки А. Химический состав перечисленных выше материалов приведен в таблице 1.

Приведенные в таблице 1 шихтовые материалы подвергаются сушке при температуре 250 °С, измельчению, смешиванию и компактированию. Для диспергирования стружечных отходов использовалась шаровая мельница, работающая в скоростном режиме вращения, соответствующем 0,75–0,80 от критической, когда шары внутри мельницы, совершая круговые движения, вращаются вместе с ее барабаном. Полученные порошки алюминиевого сплава АК7 и технического титана марки ВТ1-00 просеивались на системе сит 0045-05 (ГОСТ 3584-73) с целью получения размера фракции < 50 мкм.

Далее приготавливалась смесь порошкообразных компонентов (таблица 1), которая формировалась в шаровой мельнице, работающей в скоростном режиме вращения, соответствующем 0,5–0,6 от критической. Для осуществления указанной технологической операции необходимо определиться с массовым соотношением компонентов шихты. Известно [8], что в лигатуре Al-Ti-V формируются следующие зародышеобразующие частицы: TiB_2 , Al_3Ti , AlB_2 , $(AlTi)B_2$, среди которых наибольшей способностью к измельчению зерна модифицируемого алюминиевого сплава обладают частицы первого и последнего видов. Характерной особенностью указанных частиц является то, что атомное соотношение Ti и В одинаково 1 : 2. Очевидно, именно это соотношение в лигатуре является залогом наибольшего содержания в ней эффективных зародышеобразующих частиц. В этой связи нами, несмотря на рекомендуемые ГОСТ 53777-2010 составы лигатур, массовое соотношение смешиваемых порошкообразных компонентов (таблица 1) было принято на основе предыдущих рассуждений следующим: сплав АК7 : технический титана марки ВТ1-00 : аморфный бор марки А = 97 : 2 : 1.

Поскольку по завершению смешивания порошковых шихтовых компонентов предпо-

лагается компактирование смеси, то для облегчения процесса смешивания и последующего прессования смеси в отмеченную выше субстанцию вводится технологическая присадка – пластификатор на глицериновой основе в количестве 3,5 мас. % по отношению к порошковой субстанции. Полученная таким образом пластифицированная шихтовая смесь тщательно высушивается и направляется на mundштучное прессование, в результате которого получается равноплотное изделие в виде прутка диаметром 10 мм и длиной 500 мм. Процесс осуществляется при степени обжата материала, равной 93 %. Данное изделие является расходуемым электродом (7), который подается в шлаковую ванну (2) плавильной печи (4) через mundштук (1). Шихтовая композиция расходуемого электрода (7) посредством качественного и количественного соотношения компонентов обуславливает синтез лигатуры Al-Ti-V требуемого состава.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В настоящей работе приводятся результаты по опробованию экспериментальной установки (рисунок 1) на предмет получения лигатуры Al-Ti-V в виде прутка длиной 50 см. Исходные материалы, технология предварительной их подготовки, соотношение компонентов в порошковой смеси соответствуют выше описанному. Полученный расходуемый электрод подвергался электрошлаковому процессу со следующими электрическими параметрами: ток, протекающий в шлаковой ванне, 410 А, падение напряжения в шлаковой ванне 31 В. Глубину шлаковой ванны поддерживали на уровне 45 мм, а скорость поступательного движения электрода 35 м/ч. Электропитание постоянным током экспериментальной установки осуществлялось сварочным преобразователем ПСГ-500 с генератором ГСГ-500, имеющим жесткую характеристику.

Полученная прутковая лигатура Al-Ti-V на экспериментальной установке технологией электрошлакового литья с использованием дисперсных отходов машиностроения подвергалась металлографическому исследованию. Известные составы лигатур Al-Ti-V [4] характеризуются наличием в структуре зародышеобразующих включений Al_3Ti , AlB_2 , имеющих размер 10÷50 мкм и более (в отдельных случаях до 100 мкм), а также более мелких (TiB_2 , $(AlTi)B_2$) с размером частиц 1÷3 мкм. В отношении измельчения структуры алюминия и его сплавов при модифицировании обсуждаемой лигатурой максимальный эффект этой технологической операции

ПОЛЗУНОВСКИЙ ВЕСТНИК № 1 2022

ФОРМИРОВАНИЕ ЛИГАТУРЫ НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ AL-TI-B ЭЛЕКТРОШЛАКОВЫМ ПРОЦЕССОМ С ПРИВЛЕЧЕНИЕМ ДИСПЕРСНЫХ ОТХОДОВ МАШИНОСТРОЕНИЯ

обеспечивается наиболее мелкими кристаллами (TiB_2 , $(AlTi)B_2$). Приоритетность последних кристаллов, как модификаторов, обусловлена не только малым их размером, что является залогом создания большого количества центров кристаллизации модифицируемого алюминиевого расплава, но и тем обстоятельством, что они практически не растворяются в нём. Напротив, алюминид титана Al_3Ti растворяется в жидком алюминиевом расплаве со скоростью и полнотой растворения, определяемым температурой модифицируемого расплава, размерами кристаллов Al_3Ti и временем от момента введения лигатуры в расплав до кристаллизации металла. На основе приведенных выше рассуждений следует вывод о том, что модифицирующая способность лигатуры Al-Ti-B тем выше, чем больше в ней содержание мелких кристаллов TiB_2 и $(AlTi)B_2$ и соответственно меньше кристаллов Al_3Ti и AlB_2 .

С целью идентификации имеющихся в опытной прутковой лигатуре Al-Ti-B интерметаллидных частиц были проведены электронно-микроскопические и микрорентгено-спектральные исследования. На рисунке 2 представлено типичное электронное изображение структуры лигатуры, которое свидетельствует о наличии большого количества мелких интерметаллидных частиц, равномерно распределённых по объёму лигатуры.

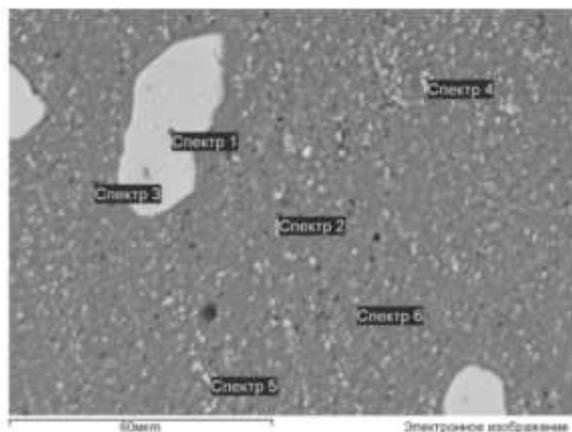


Рисунок 2 – Электронное изображение структуры опытной лигатуры Al-Ti-B

Figure 2 - Electronic image of the structure of the experimental Al-Ti-B ligature

На этом же рисунке обозначены ряд частиц, расшифровка спектров, которых по соотношению элементов представлена в таблице 2.

Электронно-микроскопический и микрорентгено-спектральный анализ частиц опытной лигатуры Al-Ti-B позволил идентифицировать

их на предмет соответствия интерметаллидам. Спектры частиц 1, 4, 5 имеют атомный состав, в котором соотношение элементов соответствует фазе Al_3Ti . Остальные спектры позволяют заключить о наличии связи между титаном и бором, соответствующей интерметаллидным соединениям TiB_2 и $(AlTi)B_2$.

Таблица 2 – Результаты электронно-микроскопические и микрорентгено-спектральные анализа опытной лигатуры Al-Ti-B

Table 2 - The results of electron microscopic and micro X-ray spectral analysis of the experimental Al-Ti-B ligature

Спектр	Содержание элементов, % ат			
	B	Al	Si	Ti
1		75,14	0,63	24,23
2	65,97	15,42	0,37	18,24
3	66,41	5,86	0,24	27,49
4		72,76	1,55	25,69
5		74,50	0,70	24,80
6	67,51	4,83	0,68	26,98

Присутствующий в лигатуре титан образует интерметаллидные соединения с алюминием и бором. Выше было указано, что предпочтением обладает последняя связь, ввиду большей дисперсности зародышеобразующих частиц. Поэтому качество модифицирующей лигатуры во многом определяется величиной соотношения атомов титана, связанных с бором и алюминием. В настоящем исследовании для оценки качества опытного лигатурного материала Al-Ti-B был проведен стереометрический анализ его структуры. На рисунках 3 и 4 представлены гистограммы распределения частиц по их размеру, в которых титан связан с алюминием и бором соответственно.

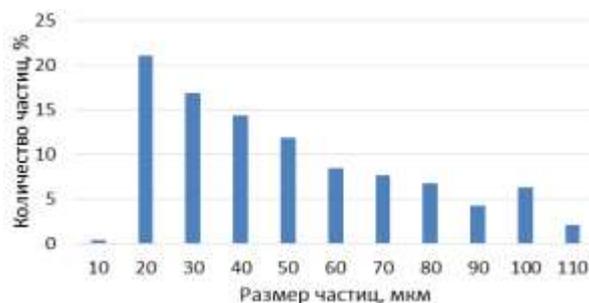


Рисунок 3 – Гистограмма распределения частиц по их размеру, в которых титан связан с алюминием

Figure 3 - Histogram of particle size distribution, in which titanium is bonded to aluminum

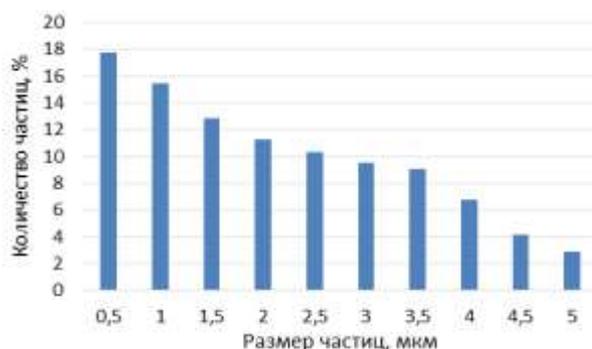


Рисунок 4 – Гистограмма распределения частиц по их размеру, в которых титан связан с бором

Figure 4 - Histogram of particle size distribution, in which titanium is associated with boron

ОБСУЖДЕНИЕ

Обработка данных стереометрического анализа структуры показала, что средневзвешенный размер частиц, в которых титан связан с алюминием, равен 44,2 мкм. Частицы, в которых титан связан с бором, на порядок меньше по размеру, средневзвешенное значение которого составляет 1,9 мкм. Таким образом, предлагаемая электрошлаковая технология литья прутковой лигатуры Al-Ti-B из шихты, основанной на использовании дисперсных отходов машиностроения с указанным выше соотношением её компонентов, создаёт предпосылки к приоритетному взаимодействию титана с бором и, как следствие, получением в структуре большого количества мелких зародышеобразующих частиц. Стереометрический анализ структуры опытного лигатурного материала Al-Ti-B позволил оценить молярное соотношения титанов, связанных с алюминием и бором. Оно оказалось равным 17,3:82,7.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложен и исследован технологический процесс изготовления прутковой лигатуры Al-Ti-B электрошлаковым литьём. В качестве исходных материалов использовались стружечные отходы алюминиевого сплава марки АК7, технического титана марки ВТ1-00 и аморфный бор марки А. Расходуемым электродом является изделие в виде прутка, полученное мундштучным прессованием смеси измельчённых исходных материалов в массовом соотношении АК7 : ВТ1-00 : аморфный бор = 97 : 2 : 1. По предложенной технологии и соотношении исходных материалов в шихтовой композиции получен опыт-

ный прутковый материал лигатуры Al-Ti-B, электронно-микроскопические, микрорентгеноспектральные исследования, стереометрический анализ, структуры которого показали приоритетное взаимодействие титана с бором. Это обстоятельство обусловило высокое качество модифицирующей лигатуры, выразившееся наличием в ней преобладающего количества мелких зародышеобразующих частиц диборида титана, средневзвешенный размер которых составил 1,9 мкм.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Александров В.М. Материаловедение и технология конструкционных материалов : учеб. пособие. Часть 1. Материаловедение. Стандарт третьего поколения / В.М. Александров. Архангельск : Северный (Арктический) федеральный университет, 2015. 327 с.
2. Никитин К.В. Модифицирование и комплексная обработка силуминов : учеб. пособие / К.В. Никитин. 2-е изд., перераб. и доп. Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2016. – 92 с.
3. Бакулин, Д.В. Влияние модифицирующей лигатуры Al-Ti-B на алюминиевые сплавы // Евразийский Научный Журнал. 2020. № 5. Рубрика : Технические науки.
4. Лигатура алюминий-титан-бор: патент на изобретение RU 2 644 221 С1, МПК С22С 21/00 (2006.01), С22С 1/03 (2006.01) / Б.П. Куликов, П.В. Поляков, В.Ф. Фролов, А.И. Безруких; заявитель и патентообладатель: Общество с ограниченной ответственностью «Безотходные и малоотходные технологии» (ООО «БМТ») (RU). № 2016152034; заявл. 27.12.2016; опубл. 08.02.2018, бюл. № 4.
5. Попов Д.А., Огородов Д.В., Трапезников, А.В. Альтернативные источники борсодержащего сырья для производства лигатуры Al-B (обзор) // Труды ВИАМ. 2015. №10. С. 41–47.
6. Манашев И.Р., Гаврилова Т.О., Шатохин И.М., Зиатдинов М.Х., Леонтьев Л.И. Утилизация дисперсных отходов ферросплавного производства на базе металлургического СВС-процесса. Известия Высших Учебных Заведений. Черная металлургия. 2020; 63(8):591-599. <https://doi.org/10.17073/0368-0797-2020-8-591-599>.
7. Крутский Ю.Л., Черкасова Н.Ю., Гудыма Т.С., Нецкина О.В., Крутская Т.М. Дибориды некоторых переходных металлов: свойства, области применения и методы получения. Часть 1. Дибориды титана и ванадия (обзор) // Известия вузов. Черная металлургия. 2021. Т. 64. № 2. С. 149–164. <https://doi.org/10.17073/0368-0797-2021-2-149-164>.
8. Способ получения прутковой лигатуры алюминий-титан-бор: патент на изобретение RU 2 110 597 С1, МПК С22С1/03 / Шпаков В.И., Севрюков В.С., Галиева Л.В., Ношик А.И., Трифоненков Л.П., Иванова Н.В., Разумкин В.С., Никитин В.М.; заявитель: Акционерное общество "Красноярский металлургический завод". № 96112349/02, заявл. 17.06.1996; опубл. 20.06.1998.

ФОРМИРОВАНИЕ ЛИГАТУРЫ НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ AL-TI-B ЭЛЕКТРОШЛАКОВЫМ ПРОЦЕССОМ С ПРИВЛЕЧЕНИЕМ ДИСПЕРСНЫХ ОТХОДОВ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Информация об авторах

Н. Н. Сафронов – доктор технических наук, профессор кафедры «Машиностроения» Набережночелнинского института Казанского (Приволжского) Федерального университета.

Л. Р. Харисов – кандидат технических наук, доцент кафедры «Машиностроения» Набережночелнинского института Казанского (Приволжского) Федерального университета.

М. Р. Фазлыев – аспирант кафедры «Машиностроения» Набережночелнинского института Казанского (Приволжского) Федерального университета.

containing raw materials for the production of Al-B ligatures (review). *Proceedings of VIAM*, (10), 41-47. (In Russ.).

6. Manashev, I.R., Gavrilova, T.O., Shatikhin, I.M., Ziatdinov, M.Kh. & Leontiev, L.I. (2020). *Proceedings of Higher Educational Institutions. Ferrous metallurgy.* (In Russ.). <https://doi.org/10.17073/0368-0797-2020-8-591-599>.

7. Krutskiy, Yu.L., Cherkasova, N.Yu., Gudyma, T.S., Netskina, O.V. & Krutskaya, T.M. (2021). *Izvestiya vuzov. Ferrous metallurgy.* (In Russ.). <https://doi.org/10.17073/0368-0797-2021-2-149-164>.

8. Shpakov, V.I., Sevryukov, V.S., Galieva, L.V., Noschik, A.I., Trifonenkov, L.P., Ivanova, N.V., Razumkin, V.S. & Nikitin, V.M. (1998). Method of producing rod alloy aluminum-titanium-boron: patent for invention. Pat. 2110597C1. *Russian Federation, published on 20.06.1998.* Bull. No. 96112349/02. (In Russ.).

REFERENCES

1. Aleksandrov, V.M. (2015). *Materials science and technology of construction materials. Tutorial. Part 1. Materials science. Third generation standard.* Arkhangelsk: Northern (Arctic) Federal University. (In Russ.).

2. Nikitin, K.V. (2016). *Modification and complex processing of silumins: tutorial.* Samara: Samar. state tech. un-t. (In Russ.).

3. Bakulin, D.V. (2020). *Eurasian Scientific Journal.* Heading: Technical sciences. (In Russ.).

4. Kulikov, B.P., Polyakov, P.V., Bezrukikh, V.F. & Frolov, A.I. (2018). Aluminum-titanium-boron ligature. Pat. 2644221 C1. *Russian Federation, published on 08.02.2018.* Bull. No. 4. (In Russ.).

5. Popov, D.A., Ogorodov, D.V. & Trapeznikov, A.V. (2015). *Alternative sources of boron-*

Information about the authors

N. N. Safronov - Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Mechanical Engineering, Naberezhnye Chelny Institute, Kazan (Volga Region) Federal University.

L. R. Kharisov - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Mechanical Engineering, Naberezhnye Chelny Institute, Kazan (Volga Region) Federal University.

M. R. Fazliyev - post-graduate student of the Department of Mechanical Engineering, Naberezhnye Chelny Institute, Kazan (Volga Region) Federal University.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 31.01.2021; одобрена после рецензирования 25.02.2022; принята к публикации 28.02.2022.

The article was received by the editorial board on 31 Jan 21; approved after reviewing on 25 Feb 22; accepted for publication on 28 Feb 22.



Научная статья
2.6.17 – Материаловедение (технические науки)
УДК 669.45.018.8.24/883
doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.01.017

ПОТЕНЦИОДИНАМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СВИНЦОВОГО БАББИТА БТ (PbSb15Sn10), С НАТРИЕМ, В СРЕДЕ ЭЛЕКТРОЛИТА NaCl

Изатулло Наврузович Ганиев¹, Хайрулло Махмудхонович Ходжаназаров²,
Фируз Камолович Ходжаев³

^{1, 2, 3} Таджикский технический университет им. М.С. Осими, Душанбе, Республика Таджикистан

¹ ganievizatullo48@gmail.com

² khayrullo.khodzhanazarov@bk.ru

³ firuz1083@mail.ru

Аннотация. В связи с активным развитием современной техники существует потребность в создании материалов, надежно работающих в сложной комбинации силовых и температурных полей, при воздействии агрессивных сред и высоких давлений. Одним из эффективных путей решения этой задачи является создание конструкционных материалов с повышенной коррозионной стойкостью, благодаря чему эти материалы приобретают качественно новые, зачастую уникальные свойства. Следует отметить, что разработка новых конструкционных материалов является в настоящее время ключевым направлением наряду с улучшением существующих в развитии современного материаловедения.

В статье представлены результаты потенциостатического исследования свинцового баббита БТ (PbSb15Sn10), модифицированного натрием, в среде электролита NaCl, при скорости изменения потенциала 2 мВ/с. Добавки натрия в свинцовый баббит PbSb15Sn10 составляли 0,01 ÷ 1,0 мас. %. Исследования проводились в среде водного раствора электролита NaCl с концентрацией 0,03; 0,3 и 3,0 мас. %. Показано, что добавка натрия в пределах 0,01–1,0 мас. % к сплаву PbSb15Sn10 снижает его скорость коррозии на 10–15 % в результате сдвига электрохимических потенциалов в область положительных значений. Например, потенциал питтингообразования сдвигается в область положительных значений от -0,510 В для исходного сплава до -0,450 В для сплава, содержащего 1,0 мас. % натрия. Увеличение концентрации NaCl в электролите приводит к росту скорости коррозии сплавов и смещению электрохимического потенциала в область отрицательных значений.

Ключевые слова: свинцовый баббит БТ (PbSb15Sn10), потенциостатический метод, электрохимическая коррозия, потенциал свободной коррозии, потенциал питтингообразования, скорость коррозии.

Благодарности: авторы выражают признательность коллегам за помощь в проведении исследований и участие в обсуждении результатов.

Для цитирования: Ганиев, И. Н., Ходжаназаров, Х. М., Ходжаев, Ф. К. Потенциодинамическое исследование свинцового баббита PbSb15Sn10, с натрием, в среде электролита NaCl // Ползуновский вестник. 2022. № 1. С. 126–133. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.01.017.

Original article

POTENTIODYNAMIC STUDY OF LEAD BABBITA BT (PbSb15Sn10), WITH SODIUM, IN THE MEDIUM OF ELECTROLYTE NaCl

Izatullo N. Ganiev ¹, Khairullo M. Khodjanazarov ², Firuz K. Khodjaev ³

^{1,2,3} Tajik Technical University named after M.S. Osimi, Dushanbe, Republic of Tajikistan

¹ ganievizatullo48@gmail.com

² khayrullo.khodzhanazarov@bk.ru

³ firuz1083@mail.ru

Abstract. *In connection with the active development of modern technology, there is a need to create materials that work reliably in a complex combination of force and temperature fields, when exposed to aggressive media and high pressures. One of the effective ways to solve this problem is the creation of structural materials with increased corrosion resistance, due to which these materials acquire qualitatively new, often unique properties. It should be noted that the development of new structural materials is currently a key direction along with the improvement of existing ones in the development of modern materials science.*

The article presents the results of a potentiostatic study of sodium-modified lead babbitt BT (PbSb15Sn10) in NaCl electrolyte at a potential change rate of 2 mV/s. Sodium additions to lead babbitt PbSb15Sn10 were 0.01-1.0 wt. %. The studies were carried out in an aqueous NaCl electrolyte solution with a concentration of 0.03; 0.3 and 3.0 wt. %. It is shown that the addition of sodium in the range of 0.01-1.0 wt. % to the PbSb15Sn10 alloy reduces its corrosion rate by 10-15 %, as a result of a shift in electrochemical potentials to the region of positive values. For example, the pitting potential shifts to positive values from -0.510V for the original alloy to -0.450V for an alloy containing 1.0 wt. % sodium. An increase in the concentration of NaCl in the electrolyte leads to an increase in the corrosion rate of the alloys and a shift in the electrochemical potential towards negative values.

Keywords: *lead babbitt BT (PbSb15Sn10), potentiostatic method, electrochemical corrosion, free corrosion potential, pitting potential, corrosion rate.*

For citation: Ganiev, I. N., Khodjanazarov, K. M. & Khodjaev, F. K. (2022). Potentiodynamic study of lead babbitt (PbSb15Sn10), with sodium, in the medium of electrolyte NaCl. *Polzunovskiy vestnik*,(1), 126-133. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.01.017.

ВВЕДЕНИЕ

Свинцовые баббиты нашли широкое применение для изготовления подшипников дизелей, компрессоров, в двигателестроении, металлургическом машиностроении и других отраслях. Баббиты представляют собой мягкие антифрикционные сплавы на свинцовой или оловянной основе, применяемые в узлах трения транспортных и энергетических установок, прокатных станов. Баббиты на основе свинца марок Б16, БН, БС6, БКА, БК2, БК2Ш, БТ (зарубежные марки SAE13, SAE14, ASTM7, SAE15, ASTM15) обладают более высокой рабочей температурой, чем баббиты на основе олова [1, 2].

По составу баббиты можно разделить на три группы. К первой группе относятся оловянные баббиты (Б83 и Б89), обладающие хорошими антифрикционными свойствами, ко второй – свинцово-оловянные (Б6, БТ, БН,

Б16), к третьей группе относят свинцовые баббиты, не содержащие олова. В промышленности все чаще стремятся применять баббиты на основе свинца, содержащие минимальные количества олова в связи с их невысокой механической прочностью [3, 4].

Баббит марки БТ имеет состав, мас. %: Sb13-15; Sn9-11; Cu1.5-2 и примесей кадмия, никеля и теллура (ГОСТ 1320-74 (ИСО 4383-91)) и обладает большей вязкостью, чем баббит Б16, и поэтому может быть применен в подшипниках, испытывающих ударные нагрузки (в автомобильных и тракторных двигателях). Несмотря на высокий коэффициент трения, баббиты БТ нашли широкое применение благодаря своему свойству хорошо прирабатываться и удовлетворительной пластичности. После термической обработки пластичность баббита БТ значительно увеличивается, а твердость уменьшается [5, 6].

Структура баббита состоит из мелких твердых кристаллов металлических соединений, которые распределяются в матрице мягкого металла, например, олова или свинца и по своей сути, является композитным материалом с металлической матрицей. По мере износа более мягкий металл матрицы истирается, создавая мягкую смазку между выступающими твердыми кристаллами металлических соединений, которые и образуют фактическую поверхность скольжения. У баббита на основе олова, составляющего мягкую матрицу, при трении без смазочного материала олово плавится и действует как смазка, защищая подшипник от полного отказа [7].

В микроструктуре баббита БТ встречаются кубические кристаллы $SbSn$ на фоне тройной эвтектики $Pb + SbSn + \gamma$, а также небольшое количество иглообразных кристаллов Cu_3Sn и $PbTe$ [8].

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Целью настоящей работы является исследование влияния добавок натрия на анодное поведение свинцового баббита БТ ($PbSb15Sn10$), в среде водного раствора $NaCl$ различной концентрации.

Для получения свинцового баббита $PbSb15Sn10$ по ГОСТ 1320-74 (ИСО 4383-91) использовали свинец марки С1 (99,985 % Pb) (ГОСТ 3778-77), олово марки ОВЧ-000 (99,999 % Sn) (ГОСТ 860-75), сурьму металлическую марки $Su00$ (99,9 % Sb) (ГОСТ 1089-82) и металлический натрий чистотой 99,8 % по ГОСТ 3273-75.

Баббит, легированный натрием, получали в шахтной лабораторной печи типа СШОЛ при температуре 450–500 °С. Содержание натрия в сплаве составляло 0,01; 0,1; 0,5 и 1,0 мас. %. Внесение натрия осуществляли в предварительно синтезированный сплав баббита БТ. Из полученных сплавов в металлический кокиль отливались цилиндрические образцы диаметром 8 мм и длиной 140 мм, торцевая часть которых служила рабочим электродом для исследования электрохимических свойств.

Электрохимическое исследование образцов проводилось на импульсном потенциостате ПИ-50-1.1 с помощью программатора ПР-8, имеющего возможность автоматической записи. Температура раствора поддерживалась постоянной на уровне 25 °С с помощью термостата МЛШ-8. Воспроизводимость результатов на электродах одного и того же состава была в пределах ± 10 мВ, что

является допустимым. Электрохимическое исследование свинцового баббита БТ ($PbSb15Sn10$) проводили по методике, описанной в работах [8–13].

При электрохимическом исследовании образцы из свинцового баббита БТ ($PbSb15Sn10$), погруженные в водный раствор $NaCl$, поляризовались положительно до плотности тока $1 A/m^2$ в результате питтингообразования (рисунок 1, кривая I). Далее образцы поляризовались в противоположном направлении (рисунок 1, кривые II и III до потенциала $(-1200$ мВ), что приводило к растворению оксидной пленки на поверхности образцов. Затем образцы снова поляризовали в положительном направлении, чтобы получить анодные поляризационные кривые сплавов (рисунок 1, кривая IV). На рисунке 2 показаны все четыре потенциодинамические кривые образцов, снятые в среде 3,0 % водного раствора $NaCl$. Пунктирными линиями обозначены кривые, обратные поляризационной кривой.

По ходу прохождения полной поляризационной кривой определяли следующие электрохимические параметры:

- E_{rp} – потенциал репассивации;
- $E_{ст.}$ или $-E_{св.кор.}$ – стационарный потенциал или потенциал свободной коррозии;
- $E_{кор.}$ – потенциал коррозии;
- $E_{п.о.}$ – потенциал питтингообразования;
- $i_{кор.}$ – ток коррозии.

Процесс коррозии свинцового баббита контролировался катодной реакцией ионизации кислорода в нейтральной среде, а ток коррозии рассчитывался с учетом тафельской константы ($b_k = 0,12$ В) из катодной ветви потенциодинамических кривых [14].

Скорость коррозии k определяли по току коррозии ($i_{кор.}$) по формуле $K = i_{кор.} \cdot k$, где $k = 3,865$ г/А·ч электрохимический эквивалент для свинца [10–13].

Исследования проводили в среде водного раствора $NaCl$, как имитации морской среды с целью определения влияния хлорида-иона на электрохимическое поведение свинцового баббита БТ ($PbSb15Sn10$), модифицированного натрием.

Анодное поведение свинцового баббита БТ ($PbSb15Sn10$), легированного натрием, изучали в среде электролита $NaCl$ с концентрацией 0,03; 0,3 и 3,0 % (по массе).

В качестве примера на рисунке 1 представлена полная поляризационная кривая для свинцового баббита БТ ($PbSb15Sn10$) в среде электролита 3,0 %-ного $NaCl$.

ПОТЕНЦИОДИНАМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СВИНЦОВОГО БАББИТА БТ (PbSb15Sn10),
С НАТРИЕМ, В СРЕДЕ ЭЛЕКТРОЛИТА NaCl

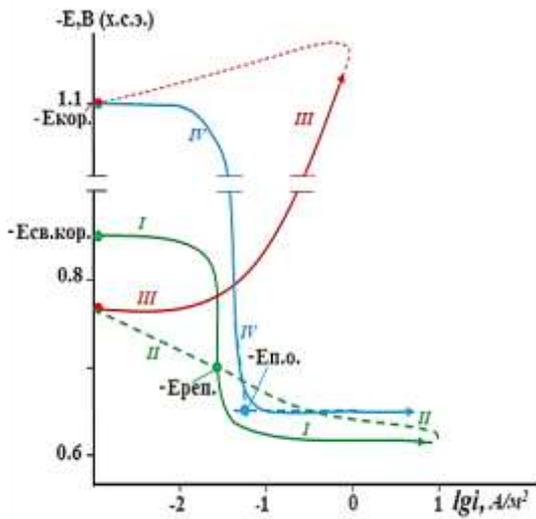


Рисунок 1 – Полная поляризационная (2мВ/с) кривая свинцового баббита БТ (PbSb15Sn10), в среде 3,0 %-ного водного раствора NaCl

Figure 1 - Full polarization (2mV / s) curve of lead babbitt PbSb15Sn10, in an aqueous solution medium of 3.0 % NaCl

Результаты исследований представлены на рисунках 2–5 и в таблице 1. Из рисунка 2 видно, что при выдержке в среде 0,03; 0,3 и 3,0 %-ного водного раствора NaCl исследуемых образцов баббита наблюдается смещение потенциала свободной коррозии ($-E_{св. кор.}$) в область положительных значений. Модифицирование натрием способствует смещению анодных кривых свинцового баббита PbSb15Sn10 в положительную область значений в изученных средах электролита NaCl (рисунок 3).

Коррозионно-электрохимические параметры процесса анодной коррозии свинцового баббита PbSb15Sn10 с натрием приведены в таблице 1. Как видно, добавки натрия оказывают несущественное влияние на изменение потенциалов коррозии, питингообразования и репассивации. Такая зависимость характерна для исследованных сред с концентрацией NaCl 0,03; 0,3 и 3,0 %. Скорость коррозии свинцового баббита PbSb15Sn10 плавно снижается с ростом концентрации натрия на 10–15 %, и подобная зависимость имеет место в исследованных средах. Снижение скорости коррозии сплавов сопровождается смещением анодных потенциодинамических кривых в область положительных значений

потенциалов (рисунок 3). С ростом концентрации хлорид-иона в электролите NaCl наблюдается увеличение скорости коррозии сплавов независимо от их состава.

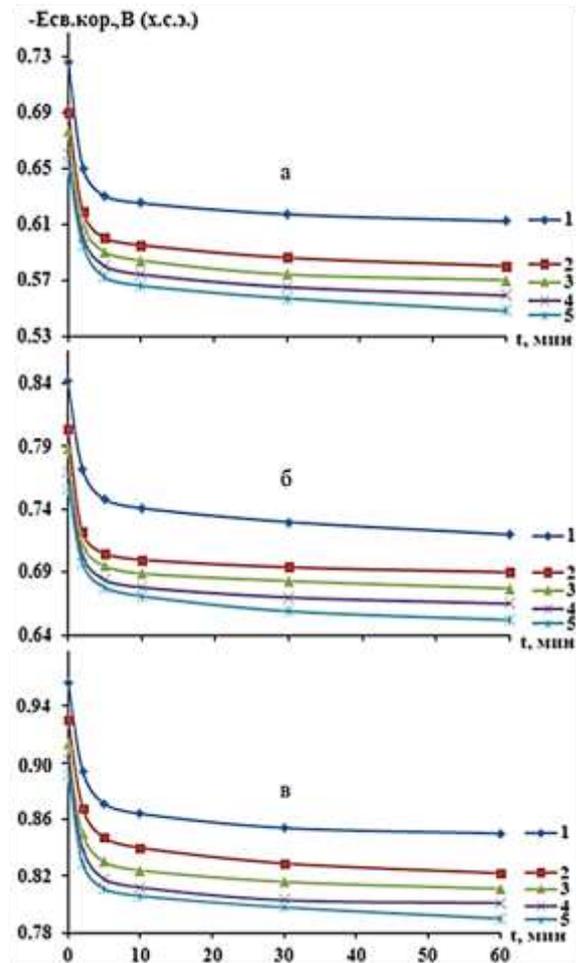


Рисунок 2 – Временная зависимость потенциала свободной коррозии ($E_{св. кор.}$, В), свинцового баббита PbSb15Sn10 (1), содержащего натрий, мас. %: 0,01(2); 0,1(3); 0,5(4); 1,0(5), в среде водного раствора 0,03 % (а), 0,3 % (б) и 3,0 %-ного (в) NaCl

Figure 2 - Time dependence of the potential of free corrosion ($E_{св. кор.}$, V), lead babbitt PbSb15Sn10 (1), containing sodium, wt. %: 0.01 (2); 0.1 (3); 0.5 (4); 1.0 (5), in an aqueous solution environment 0.03 % (a), 0.3 % (b) and 3.0 % (c) NaCl

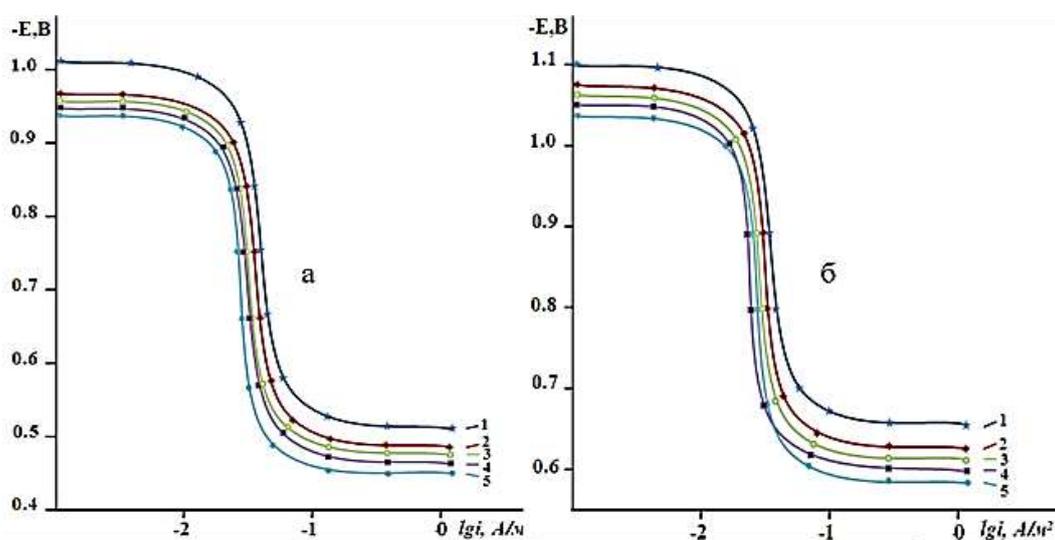


Рисунок 3 – Потенциодинамические анодные поляризационные (2 мВ/с) кривые свинцового баббита БТ (PbSb15Sn10) (1), содержащего натрий, мас. %: 0,01(2); 0,1(3); 0,5(4); 1,0(5), в среде водного раствора 0,03 % (а) и 3,0 %-ного (б) NaCl

Figure 3 - Potentiodynamic anodic polarization (2mV / s) curves of lead babbitt PbSb15Sn10 (1) containing sodium, wt. %: 0.01 (2); 0.1 (3); 0.5 (4); 1.0 (5), in an aqueous solution environment 0.03 % (a) and 3.0 % (b) NaCl

Таблица 1 - Коррозионно-электрохимические характеристики свинцового баббита БТ (PbSb15Sn10) с натрием, в среде водного раствора NaCl

Table 1 - Corrosion-electrochemical characteristics of lead babbitt PbSb15Sn10 with sodium, in an electrolyte environment NaCl

Среда NaCl, мас. %	Содержание в сплаве, мас. %	Электрохимические потенциалы				Скорость коррозии	
		- E _{св.кор.}	- E _{кор.}	- E _{п.о.}	- E _{рп.}	i _{кор.} · 10 ²	K · 10 ³
		В (х.с.э.)				А/м ²	г/м ² ·ч
0,03	PbSb15Sn10	0,612	1,01	0,51	0,61	0,56	21,64
	0,01Na	0,58	0,97	0,58	0,584	0,53	20,48
	0,1Na	0,57	0,96	0,472	0,573	0,51	19,71
	0,5Na	0,56	0,95	0,461	0,564	0,5	18,93
	1,0Na	0,548	0,94	0,45	0,555	0,48	18,16
0,3	PbSb15Sn10	0,72	1,06	0,595	0,69	0,75	28,98
	0,01Na	0,69	1,03	0,565	0,66	0,72	27,82
	0,1Na	0,67	1,02	0,554	0,65	0,7	27,05
	0,5Na	0,66	1,01	0,545	0,641	0,68	26,28
	1,0Na	0,65	1,0	0,536	0,632	0,66	25,5
3,0	PbSb15Sn10	0,85	1,10	0,65	0,70	0,9	34,78
	0,01Na	0,82	1,07	0,62	0,67	0,87	33,62
	0,1Na	0,81	1,061	0,61	0,66	0,85	32,85
	0,5Na	0,801	1,052	0,601	0,651	0,83	32,07
	1,0Na	0,79	1,041	0,591	0,642	0,81	31,3

ПОТЕНЦИОДИНАМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СВИНЦОВОГО БАББИТА БТ (PbSb15Sn10), С НАТРИЕМ, В СРЕДЕ ЭЛЕКТРОЛИТА NaCl

На рисунках 4 и 5 приведены зависимости скорости и плотности тока коррозии свинцового баббита БТ (PbSb15Sn10) с натрием, в среде электролита NaCl.

Как видно, с ростом содержания натрия в исходном сплаве уменьшается скорость его коррозии на 10–15 %. Зависимость плотно-

сти тока анодной коррозии свинцового баббита БТ (PbSb15Sn10) от концентрации электролита NaCl представлена на рисунке 5. Как видно, с ростом концентрации хлорид-иона в электролите NaCl скорость коррозии сплавов растёт независимо от количества натрия в баббите БТ (PbSb15Sn10).

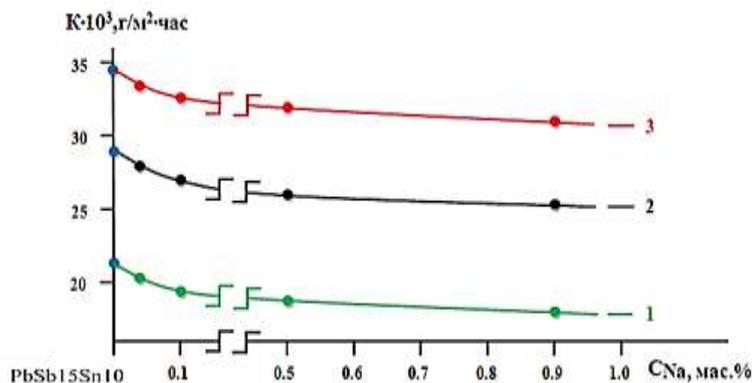


Рисунок 4 – Зависимость скорости коррозии свинцового баббита БТ (PbSb15Sn10) с натрием, мас. %: 0,03 (1); 0,3 (2); 3,0 (3), в среде водного раствора NaCl

Figure 4 - Dependence of the corrosion rate of lead babbitt BT (PbSb15Sn10) with sodium, wt. %: 0.03 (1); 0.3 (2); 3.0 (3), in an aqueous solution environment NaCl

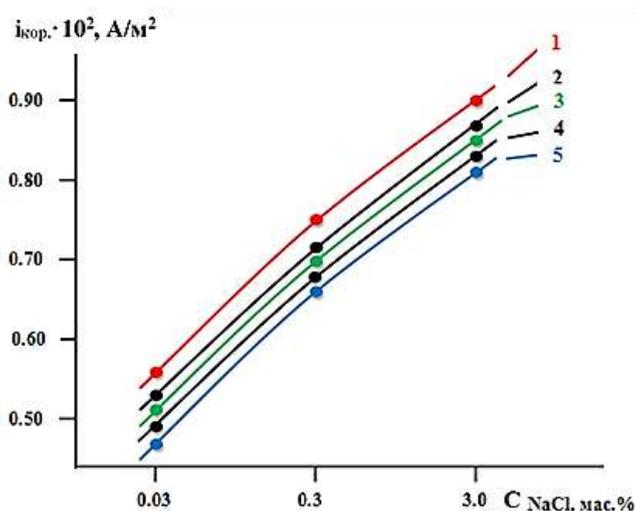


Рисунок 5 – Зависимость плотности тока коррозии свинцового баббита БТ (PbSb15Sn10) (1), содержащего натрий, мас. %: 0,01 (2); 0,1 (3); 0,5 (4); 1,0 (5) от концентрации водного раствора NaCl

Figure 5 - Dependence of the current density of corrosion of lead Babbitt BT (PbSb15Sn10) (1) containing sodium, wt. %: 0.01 (2); 0.1 (3); 0.5 (4); 1.0 (5) of NaCl aqueous solution concentration

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Введение натрия в количестве до 1,0 мас. % в свинцовый баббит БТ (PbSb15Sn10) повышает его коррозионную стойкость в водных растворах хлорида натрия. Ввиду большей растворимости натрия в твер-

дом растворе свинца с сурьмой и оловом, коррозионная устойчивость исходного сплава при добавках натрия до 1 мас. % продолжает расти в среде водного раствора NaCl.

Выполненные исследования по установлению анодных характеристик модифицированных натрием сплавов свинца с

сурьмой и оловом позволяют рекомендовать их в качестве сплава при изготовлении антифрикционных материалов и получить при этом значительный экономический эффект за счет снижения материалоемкости единицы продукции, увеличения их срока службы и надежности [14–16].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абузин Ю.А. Функциональные металлические композиционные материалы и технологии в машиностроении // *Материалы в машиностроении*. 2009. № 6(69). С. 52–54.
2. Dubois J.-M. Properties and applications of quasicrystals and complex metallic alloys // *Chem. Soc. Rev.* 2012. № 41. P. 6760–6777.
3. Trebin H.R. Quasicrystals. Structure and properties // Weinheim: Wiley: VCH GmbH & Co. KGaA. 2003. 665 p.
4. Черновол М.И., Шепеленко И.В. Способы формирования антифрикционных покрытий на металлические поверхности трения // *Техника в сельскохозяйственном производстве, автоматизация*. 2012. № 7. С. 25–27.
5. Тарельник В.Б., Антошевский Б., Марцинковский В.С. Прирабочные покрытия подшипников скольжения // *Вестник ХНТУСГ им. П. Василенко*. 2015. № 159. С. 90–104.
6. ГОСТ 1320-74. Баббиты оловянные и свинцовые. Технические условия. Утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета стандартов Совета Министров СССР от 12.04.74 N 880. Дата введения 1975-01-01. М. : ИПК Издательство стандартов, 2001.
7. Арзамасов Б.Н., Соловьёва Т.В., Герасимов С.А. [и др.]. Справочник по конструкционным материалам : справочник / Под ред. Б.Н. Арзамасова, Т.В. Соловьёвой. М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. 640 с.
8. Ганиев И.Н., Додхоев Э.С., Якубов У.Ш. Коррозионно-электрохимическое поведение сплавов системы Mg–La, в среде электролита NaCl // *Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева*. 2021. Т. 77. № 1. С. 19–23.
9. Ганиев И.Н., Содикова С.С., Алихонова С.Дж., Саидзода Р.Х. Повышение антикоррозионных свойств высококчистого цинка легированием алюминием // *Материаловедение*. 2021. № 5. С. 3–6.
10. Ганиев И.Н., Файзуллоев Р.Д., Зокиров Ф.Ш. Влияние кальция на анодное поведение алюминиевого проводникового сплава AlTi0.1, в среде электролита NaCl // *Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета)*. 2021. № 58. С. 33–37.
11. Ганиев И.Н., Додхоев Э.С., Сафаров А.Г., Якубов У.Ш. Анодное поведение сплавов системы Mg–Se, в среде электролита NaCl // *Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Машиностроение, материаловедение*. 2021. Т. 23. № 1. С. 13–19.

12. Наврузов Х.П., Ганиев И.Н., Амонуллои Х., Эшов Б.Б., Муллоева Н.М. Анодное поведение сплавов системы Pb–Cd, в среде электролита NaCl // *Вестник Казанского технологического университета*. 2020. Т. 23. № 8. С. 54–58.

13. Умарова Т.М., Ганиев И.Н. Коррозия двойных алюминиевых сплавов в нейтральных средах. Душанбе : Дониш, 2007. 258 с.

14. Ганиев И.Н., Пархутик П.А., Куприянова И.Ю., Вахобов А.В. Модифицирование силуминов стронцием. Минск : Наука и техника, 1986. 146 с.

15. Мальцев М.В. Модифицирование структуры металлов и сплавов. М. : Металлургия, 1984. 280 с.

16. Левинзон Л.М., Агуф И.А. ; в кн. : Исследования в области химических источников тока. Новочеркасск, 1966. 235 с.

Информация об авторах

И. Н. Ганиев – д.х.н., профессор, академик НАНТ, профессор кафедры «Технология химических производств» Таджикского технического университета им. М.С. Осими.

Х. М. Ходжаназаров – соискатель кафедры «Технология, машины и оборудование полиграфического производства» Таджикского технического университета им. М.С. Осими.

Ф. К. Ходжаев – к.т.н., ст. преподаватель кафедры «Металлургия» Таджикского технического университета им. М.С. Осими.

REFERENCES

1. Abuzin, Yu.A. (2009). Functional metal composite materials and technologies in mechanical engineering. *Materials in mechanical engineering*, 6 (69), 52-54. (In Russ.).
2. Dubois, J.-M. (2012). Properties and applications of quasicrystals and complex metallic alloys. *Chem. Soc. Rev.*, (41), 6760-6777.
3. Trebin, H.R. (2003). *Quasicrystals. Structure and properties*. Weinheim: Wiley: VCH GmbH & Co. KGaA, 665 p.
4. Chernovol, M.I. & Shepelenko, I.V. (2012). Methods of forming antifriction coatings on metal friction surfaces. *Technics in agricultural production, automation*, (7), 25-27. (In Russ.).
5. Tarelnik, V.B., Antoshevsky, B. & Martinkovskiy, V.S. (2015). Runningin coatings of sliding bearings. *Bulletin of KhNTUSGim. P. Vasilenko*, (159), 90-104.(In Russ.).
6. Tin and lead babbitts. Technical conditions. HOST 1320-74 from January 1st, 1975. Moscow: IPK Publishing house of standards. (In Russ.).
7. Arzamasov, B.N., Solovyova, T.V., Gerasimov, S.A. [et al]. (2005). Handbook of structural materials: Handbook Moscow: Publishing house of MSTU im. N.E. Bauman. (In Russ.).
8. Ganiev, I.N., Dodkhoev, E.S. & Yakubov, U.Sh. (2021). Corrosion-electrochemical behavior

ПОТЕНЦИОДИНАМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СВИНЦОВОГО БАББИТА БТ (PbSb15Sn10),
С НАТРИЕМ, В СРЕДЕ ЭЛЕКТРОЛИТА NaCl

of alloys of the Mg-La system in the environment of an electrolyte NaCl. *Bulletin of Kazan State Technical University. A.N. Tupolev*, 77(1), 19-23. (In Russ.).

9. Ganiev, I.N., Sodikova, S.S., Alikhonova, S.J. & Saidzoda, R.Kh. (2021). Increasing the anticorrosive properties of high-purity zinc by alloying with aluminum. *Materialovedenie*, (5), 3-6. (In Russ.).

10. Ganiev, I.N., Fayzulloev, R.D. & Zokirov, F.Sh. (2021). Influence of calcium on the anodic behavior of the aluminum conductive alloy AlTi0.1, in the environment of the electrolyte NaCl. *Bulletin of the St. Petersburg State Technological Institute (Technical University)*, (58), 33-37. (In Russ.).

11. Ganiev, I.N., Okilov, Sh.Sh., Eshov, B.B., Mulloeva, N.M. & Yakubov, U.Sh. (2021). Influence of sodium additives on the temperature dependence of the heat capacity and changes in the thermodynamic functions of the lead-antimony alloy SSU3. *Bulletin of the Saint Petersburg State University of Technology and Design. Series 1: Natural and technical sciences*, (1), 89-94. (In Russ.).

12. Ganiev, I.N., Alieva, L.Z., Berdiev, A.E. & Alikhonova, S.D. (2021). Influence of sodium on the heat capacity and thermodynamic functions of the zinc alloy TsAMSV4-1-2.5. *Bulletin of the St. Petersburg State University of Technology and Design. Series 1: Natural and technical sciences*, (2), 107-112. (In Russ.).

13. Umarova, T.M. & Ganiev, I.N. (2007). Corrosion of double aluminum alloys in neutral environments. Dushanbe: Donish.

14. Ganiev, I.N., Parhutik, P.A., Kupriyanova, I.Yu. & Vakhobov, A.V. (1986). Modification of silumins with strontium. Minsk: Science and technology.

15. Maltsev, M.V. (1984). Modification of the structure of metals and alloys. Moscow: Metallurgy.

16. Levinzon, L.M. & Aguf, I.A. (1966). In the book: Research in the field of chemical current sources. Novocherkassk.

Information about the authors

I. N. Ganiev - Doctor of Chemical Sciences, Professor, Academician of NANT, Professor of the Department of "Technology of Chemical Production" of the Tajik Technical University named after M.S. Osimi.

Kh. M. Khojanazarov - candidate of the department "Technology, machines and equipment of printing production" of the Tajik Technical University named after M.S. Osimi.

F. K. Khodjaev - Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer of the Department of Metallurgy of the Tajik Technical University named after M.S. Osimi.

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

Статья поступила в редакцию 05.01.2022; одобрена после рецензирования 21.02.2022; принята к публикации 28.02.2022.

The article was received by the editorial board on 5 Jan 22; approved after reviewing on 21 Feb 22; accepted for publication on 28 Feb 22.



Научная статья
2.6.17 – Материаловедение (технические науки)
УДК 620.22-419.8:678.686-047.37
doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.01.018

ВЛИЯНИЕ МОДИФИКАЦИИ ПОВЕРХНОСТИ УГЛЕРОДНЫХ ВОЛОКОН НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ УГЛЕПЛАСТИКОВ

Сергей Валерьевич Морозов ¹, Сергей Владимирович Ананьин ²

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

¹ sergcska@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3850-3984>

² fitib@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4858-6576>

Аннотация. Улучшение физико-механических свойств композиционных материалов путем модификации поверхности наполнителя является одной из актуальных задач в области материаловедения. В данной работе проведены исследования влияния модификации поверхности углеродного волокна на прочностные свойства углепластика. На первом этапе исследования был произведен выбор оптимального модификатора поверхности углеродных волокон. Показано, что наилучшие прочностные характеристики наблюдались при испытании волокон и микропластиков на их основе, поверхность которых была обработана ацетоном. После определения модификатора был проведен второй этап исследований. Необходимо было определить, насколько возрастут прочностные свойства модифицированного углепластика по сравнению с немодифицированным. Были проведены испытания модифицированных и немодифицированных образцов углепластика на растяжение и трехточечный изгиб. В результате испытаний выявлено, что предел прочности на растяжение модифицированного углепластика увеличился в 2,2 раза, а предел прочности на изгиб – в 1,5 раза. На этом основании можно отметить, что активация поверхности углеродного волокна способствует увеличению адгезии наполнителя к связующему в углепластике, что приводит к значительному увеличению его прочностных характеристик.

Ключевые слова: углепластик; физико-механические характеристики; предел прочности на растяжении; адгезия; композиционный материал; модификация поверхности волокна.

Для цитирования: Морозов, С. В., Ананьин, С. В. Влияние модификации поверхности углеродных волокон на физико-механические характеристики углепластиков // Ползуновский вестник. 2022. № 1. С. 134–138. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.01.018.

Original article

THE EFFECT OF MODIFICATION OF THE CARBON FIBER SURFACE ON THE PHYSICAL AND MECHANICAL CHARACTERISTICS OF CARBON FIBER PLASTICS

Sergey V. Morozov ¹, Sergey V. Ananyin ²

^{1,2} Polzunov Altai State Technical University, Barnaul, Russia

¹ sergcska@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3850-3984>

² fitib@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4858-6576>

© Морозов, С. В., Ананьин, С. В., 2022

Abstract. Improving the physical and mechanical properties of composite materials by modifying the filler surface is one of the urgent tasks in the field of materials science. In this paper, studies of the effect of modification of the carbon fiber surface on the strength properties of carbon fiber are carried out. At the first stage of the study, the optimal carbon fiber surface modifier was selected. It is shown that the best strength characteristics were observed when testing fibers whose surface was treated with acetone and microplastics based on them. After determining the modifier, the second stage of research was carried out. It was necessary to determine how much the strength properties of the modified carbon fiber would increase compared to the unmodified one. Modified and unmodified carbon fiber samples were tested for tensile and three-point bending. As a result of the tests, it was revealed that the tensile strength of the modified carbon fiber increased by 2.2 times, and the bending strength increased by 1.5 times. On this basis, it can be noted that the activation of the carbon fiber surface increases the adhesion of the filler to the binder in carbon fiber, which leads to a significant increase in its strength characteristics.

Keywords: carbon fiber; physical and mechanical characteristics; tensile strength; adhesion; composite material; modification of the fiber surface.

For citation: Morozov, S. V. & Ananyin, S. V. (2022). The effect of modification of the carbon fiber surface on the physical and mechanical characteristics of carbon fiber plastics. *Polzunovskiy vestnik*, (1), 134-138. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.01.018.

ВВЕДЕНИЕ

В углепластиках одним из важнейших показателей высоких значений физико-механических свойств является наличие активной поверхности наполнителя. Углеродные волокна обладают низкой поверхностной активностью, поэтому для активации поверхности волокна необходима его обработка. Существуют различные методы модификации поверхности волокон. Основными из них являются химическое, физическое, композитное и электрофизическое поверхностное модифицирование [1].

Наиболее распространенным является химическое модифицирование. Практически все виды химической обработки связаны с окислением и преследуют цель увеличения поверхностной активности (поверхностного натяжения волокон). Достигается это путем увеличения удельной поверхности за счет удаления поверхностных «загрязнений» и открытия имеющихся в структуре волокон пор, а также возможного образования новых пор. Кроме того, модификация поверхности осуществляется за счет образования на ней кислородсодержащих функциональных групп. Каждый из перечисленных методов имеет не только свои преимущества, но и недостатки, в том числе и технологические.

Исходя из модели разрушения углепластиков, установлено, что прочность однонаправленных углепластиков определяется масштабным эффектом прочности углеродных волокон, их модулем упругости и в большей степени адгезией к полимерному связу-

ющему, которая определяет коэффициент реализации прочности волокна.

Таким образом, исследование адгезии компонентов в углепластиках в зависимости от различных методов модификации поверхности при изготовлении и эксплуатации полимерных композиционных материалов весьма актуально и способствует решению проблемы создания высокопрочных композитов конструкционного назначения. Следовательно, важнейшей задачей на сегодняшний день в области создания и применения армированных пластиков является совершенствование методов поверхностной обработки волокнистых наполнителей, способствующих увеличению адгезии в композиционном материале, изучение нахождения возможностей корреляционной зависимости физико-механических свойств композиционного материала от силы адгезионного взаимодействия на основании закономерностей физико-химического взаимодействия компонентов пластика [2].

Процесс совмещения компонентов полимерных композиционных материалов представляет собой два следующих друг за другом процесса: смачивания полимером поверхности твердого тела (наполнителя) и адсорбции. При введении наполнителя в граничных слоях плотность упаковки макромолекул уменьшается вследствие конформационных ограничений, что переводит систему в термодинамически неравновесное состояние. Характер адгезионного взаимодействия проявляется в изменении протекания релаксационных процессов. Связывание макромолекул

и молекулярных агрегатов с поверхностью и их ориентация затрудняют установление вблизи поверхности состояния адсорбционного равновесия. Молекулярная подвижность в адсорбционном слое немонотонно изменяется с толщиной, что приводит к возникновению градиента по структуре (межфазного слоя). Адсорбция приводит к установлению адгезионного контакта на границе раздела волокно–связующее. Появление ответственных за адгезию сил молекулярного взаимодействия возможно только при условии достижения молекулярного контакта на границе адгезив–субстрат. При этом необходимо учитывать кинетику процессов (скорость растекания, установления адсорбционного равновесия), принимая во внимание особенности реологического поведения адгезива, поскольку в реальных условиях не всегда достигается состояние термодинамического равновесия [3]. Улучшая смачиваемость поверхности наполнителя, создаются благоприятные условия для установления адсорбционного равновесия в граничном слое. Процессы смачивания определяются изменением поверхностной энергии системы в результате взаимодействия компонентов. Протекание этих процессов зависит от числа и природы функциональных групп на поверхности, ее дефектности [3].

В данной работе в качестве метода химической модификации поверхности волокна был выбран жидкофазный метод, при котором на поверхность волокна с помощью растворителя наносится полимерное связующее

в небольшом количестве для создания на поверхности функциональных групп (прививка к поверхности).

ПРОВЕДЕНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектами исследования в данной работе были выбраны отечественные углеродные волокна марок УКН-5000 и ВМН-4, углеродная ткань, полимерное эпоксидное связующее марки ЭД-20 и отвердитель полиэтиленполиамин (ПЭПА). В качестве модификатора связующего был выбран пластификатор марки ДЭГ-1.

Для модификации поверхности углеродных волокон использовались: ацетон, толуол и четыреххлористый углерод (CCl_4).

На первом этапе проведения исследований необходимо было выяснить, как изменяются свойства волокон и изготовленных из них микропластиков в зависимости от применения того или иного вида модификатора. Для этого было изготовлено 160 образцов по 40 для каждой выборки, где применялись различные модификаторы поверхности волокна. В каждой выборке испытанию подвергались исходное волокно, волокно, обработанное модификатором, микропластик, изготовленный из исходных волокон, и микропластик, изготовленный на основе модифицированного волокна.

В результате проведенных испытаний на растяжение (ГОСТ 32656-2014 [4]) были получены данные, сведенные в таблицы 1 и 2.

Таблица 1 – Предел прочности на растяжение модифицированных и немодифицированных углеродных волокон

Table 1 - Limit of suitability of modified and unmodified carbon products

Марка волокна	Предел прочности при растяжении σ_b , ГПа			
	немодифицированное	Ацетон	Толуол	CCl_4
УКН–5000	$8,16 \pm 0,4$	$8,85 \pm 0,4$	$8,22 \pm 0,4$	$8,34 \pm 0,4$
ВМН–4	$8,05 \pm 0,4$	$13,68 \pm 0,4$	$8,11 \pm 0,4$	$9,21 \pm 0,4$

Таблица 2 – Предел прочности на растяжение микропластиков из модифицированных и немодифицированных углеродных волокон

Table 2 - Tensile strength of microplastics from modified and non-modified carbon fibers

Марка волокна	Предел прочности при растяжении σ_b , ГПа			
	немодифицированное	Ацетон	Толуол	CCl_4
УКН–5000	$6,72 \pm 0,3$	$7,81 \pm 0,3$	$6,84 \pm 0,3$	$7,46 \pm 0,3$
ВМН–4	$5,42 \pm 0,2$	$9,21 \pm 0,4$	$5,53 \pm 0,3$	$5,61 \pm 0,3$

Из полученных результатов можно отметить, что наиболее оптимальным модификатором для увеличения поверхностной

активности углеродных волокон является ацетон.

ВЛИЯНИЕ МОДИФИКАЦИИ ПОВЕРХНОСТИ УГЛЕРОДНЫХ ВОЛОКОН НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ УГЛЕПЛАСТИКОВ

На втором этапе исследований было изготовлено и испытано по 5 образцов углепластика на основе углеродной ткани в форме пластин для испытаний на растяжение и трехточечный изгиб. Образцы изготавливались с целью выяснения физико-

механических характеристик углепластика до и после модификации поверхности углеродной ткани ацетоном.

В результате проведенных испытаний на растяжение (ГОСТ 32656-2014 [4]) были получены данные, сведенные в таблицу 3.

Таблица 3 – Предел прочности на растяжение модифицированных и немодифицированных углепластиков

Table 3 - Tensile strength of modified and unmodified carbon fiber reinforced plastics

Образец	Предел прочности при растяжении σ_b , МПа	
	немодифицированный	модифицированный
Углепластик	110,44 ± 5,5	240,73 ± 12,03

Также необходимо отметить различный характер разрушения образцов. При испытании на растяжение образцов углепластика без модификации видно, что материал после достижения максимальной нагрузки разрушился не полностью. В рабочей зоне образцов наблюдалось расслоение материала и после этого – послойное разрушение, что соответствует ступенчатой форме диаграммы

разрушения при растяжении. В то время как при испытании модифицированных образцов углепластика видно, что при достижении максимальной нагрузки образец мгновенно разрушается без расслоения материала.

В результате проведенных испытаний на трехточечный изгиб (ГОСТ Р 56810-2015 [5]), были получены данные, сведенные в таблицу 4.

Таблица 4 – Предел прочности на изгиб модифицированных и немодифицированных углепластиков

Table 4 - Bending strength of modified and unmodified CFRP

Образец	Предел прочности при изгибе σ_b , МПа	
	немодифицированный	модифицированный
Углепластик	270,02 ± 13,5	401,12 ± 20,5

Если рассмотреть характер разрушения при испытаниях на изгиб, то можно отметить, что для образцов из немодифицированного углепластика наблюдается обширное расслоение в середине образца по отношению к приложенной изгибающей нагрузке. В то же время для образцов модифицированного углепластика при испытании на трехточечный изгиб заметно незначительное расслоение в нижней части образца по отношению к приложенной изгибающей нагрузке.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При создании полимерных композиционных материалов необходимо учитывать такой важный параметр, как адгезия, поэтому в большинстве случаев необходимо активировать поверхность волокнистого наполнителя для получения композиционных материалов с оптимальным комплексом физико-механических характеристик. Для решения этой задачи были проведены исследования, в результате которых можно отметить некоторые основные моменты. На первом этапе были

изготовлены микропластики на основе немодифицированных и модифицированных волокон и подвергнуты испытаниям на растяжение. В результате проведенных испытаний выявлено, что наилучшие результаты испытаний наблюдались у микропластиков, поверхность углеродных волокон в которых была обработана ацетоном. На втором этапе проведения исследований были изготовлены модифицированные и немодифицированные образцы углепластика и подвергнуты испытаниям на растяжение и трехточечный изгиб. В результате проведенных испытаний выявлено, что предел прочности на растяжение модифицированного углепластика увеличился в 2,2 раза, а предел прочности на изгиб – в 1,5 раза. Также был отмечен различный характер разрушения модифицированных и немодифицированных образцов углепластика на растяжение и изгиб. При разрушении немодифицированных образцов сначала наблюдалось расслоение, что говорит о низкой адгезии наполнителя и связующего, а затем послойное разрушение образцов, в то

время как при разрушении модифицированных образцов расслоения практически не наблюдалось и образцы вели себя при разрушении как монолитный материал. Различный характер разрушения подтверждает, что активация поверхности углеродного наполнителя в углепластике способствует увеличению адгезии, что приводит к получению материала с улучшенным комплексом физико-механических характеристик.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Модифицирование полиолефинов – современное направление создания полиолефиновых материалов с новым комплексом свойств / И.Н. Мешкова, Т.М. Ушакова, Н.М. Гульцева [и др.] // Высокомолекулярные соединения, 2008. Сер А. Т. 50. № 11. С. 1985–1999.
2. Ананьева Е.С., Ананын С.В. Плазмохимическая модификация поверхности углеродных волокон // Ползуновский вестник. 2009. № 4. С. 220–222.
3. Липатов Ю.С. Физико-химические основы наполнения полимеров. Москва : Химия, 1991. 259, [1] с. : граф.; 21 см.; ISBN 5-7245-0453-7.
4. ГОСТ 32656-2017. Методы испытаний. Испытания на растяжение: принят Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 30 августа 2017 г. N 102-П). Дата введения 01.07.2018. М. : ИПК Издательство стандартов, 2018, 18 с.
5. ГОСТ Р 56810-2015. Композиты полимерные. Метод испытания на изгиб плоских образцов. Технические условия: утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 27 ноября 2015 г. № 2067-ст. Дата введения 01.01.2017. М. : ИПК Издательство стандартов, 2017, 20 с.

Информация об авторах

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

Статья поступила в редакцию 26.01.2022; одобрена после рецензирования 10.02.2022; принята к публикации 28.02.2022.

The article was received by the editorial board on 26 Jan 22; approved after reviewing on 10 Feb 22; accepted for publication on 28 Feb 22.

С. В. Морозов – кандидат технических наук, доцент кафедры современных специальных материалов Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова.

С. В. Ананын – кандидат технических наук, доцент, декан факультета специальных технологий Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова.

REFERENCES

1. Meshkova, I.N., Ushakova, T.M., Gultseva, N.M. (2008). Modification of polyolefins – the modern direction of creating polyolefin materials with a new set of properties. *High molecular compounds*, 50(11). 1985-1999. (In Russ.).
2. Ananyeva, E.S., Ananyin, S.V. (2009). Plasma-chemical modification of the surface of carbon fibers. *Polzunovskiy vestnik*, (4), 220-222. (In Russ.).
3. Lipatov, Yu.S. (1991). Physico-chemical bases of polymer filling. Moscow: Chemistry. 259, [1] p.: graph; 21 cm; ISBN 5-7245-0453-7. (In Russ.).
4. Polymeric composites. Test methods. Tensile test methods (2017). Test methods. Tensile tests. *HOST 32656-2017 from 01.07.2018*. Moscow: IPK Publishing house of standards. (In Russ.).
5. Polymer composites. A method for testing the bending of flat samples (2015). *HOST R 56810-2015. from 01.01.2017*. Moscow: IPK Publishing house of standards (In Russ.).

Information about the authors

S. V. Morozov - Ph.D. in Engineering Science, Docent of the Department of Modern Special Materials, Polzunov Altai State Technical University.

S. V. Ananyin - Ph.D. in Engineering Science, Docent, Dean of the Faculty of Special Technologies, Polzunov Altai State Technical University.



Научная статья
2.6.17 – Материаловедение (технические науки)
УДК 67.02
doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.01.019

ПОЛУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО КОМПОЗИТА В СИСТЕМЕ «ЦИРКОНАТ–ТИТАНАТ СВИНЦА–ОРТОФОСФОРНАЯ КИСЛОТА»

Глеб Александрович Кошкин ¹, Чир Ген Пак ², Андрей Евгеньевич Розен ³, Виктор Викторович Кикот ⁴

^{1, 2, 3, 4} Пензенский государственный университет, Пенза, Россия

^{1, 4} Научно-исследовательский институт физических измерений, Пенза, Россия

¹ gl.koshkin@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8353-7812>

² v.g.pak@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2877-7298>

³ aerozen@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3362-9617>

⁴ vkfax@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1258-2119>

Аннотация. Получен и исследован пьезоэлектрический композиционный материал системы «цирконат–титанат свинца–ортофосфорная кислота». В качестве пьезокерамического наполнителя использован материал ЦТС-19 с размером гранул от 45 до 63 мкм, от 63 до 125 мкм, от 125 до 250 мкм, от 250 до 500 мкм. Затворение материала производилось введением в пьезокерамику 85 % водного раствора ортофосфорной кислоты в количестве 10 % от массы керамики. Формообразование проведено методом одноосного холодного прессования под давлением 196 МПа. Образцы высушены при 200 °С, металлизированы при 700 °С серебряносодержащей пастой и поляризованы на воздухе в постоянном электрическом поле напряжённостью 2 кВ/мм при температуре 260 °С. Измерены значения плотности, диэлектрической проницаемости, тангенса угла диэлектрических потерь, механической добротности, продольного, поперечного и объёмного пьезомодуля полученного композита. По сравнению со спечённым керамическим материалом ЦТС-19 наблюдается снижение продольного и поперечного пьезомодуля, диэлектрической проницаемости и механической добротности, рост диэлектрических потерь. Установлено, что непропорциональное изменение продольного и поперечного пьезомодуля обусловило значительный рост объёмного пьезомодуля композита по сравнению со спечённым материалом. Выдвинуты предположения об обусловленности наблюдаемых явлений влиянием механических и электрических характеристик параэлектрических фаз (воздуха в порах и продуктов взаимодействия пьезокерамики и ортофосфорной кислоты).

Ключевые слова: композиционный материал, пьезоэлектрический материал, цирконат–титанат свинца, дисперсные частицы, фосфатные связующие, ортофосфорная кислота, пористость, пьезомодуль.

Для цитирования: Получение и исследование пьезоэлектрического композита в системе «цирконат–титанат свинца–ортофосфорная кислота» / Г. А. Кошкин [и др.]. // Ползуновский вестник. 2022. № 1. С. 139–146. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.01.019.

Original article

OBTAINING AND INVESTIGATION OF PIEZOELECTRIC COMPOSITE CONSISTING OF LEAD ZIRCONATE-TITANATE AND ORTHOPHOSPHORIC ACID

Gleb A. Koshkin ¹, Chir Gen Pak ², Andrey Ye. Rozen ³, Viktor V. Kikot ⁴

^{1,2,3,4} Penza State University, Penza, Russia

^{1,4} Science and Research Institute for Physical Measurements, Penza, Russia

¹ gl.koshkin@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8353-7812>

² v.g.pak@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2877-7298>

³ aerozen@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3362-9617>

⁴ vkfax@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1258-2119>

Abstract. Piezoelectric composite material consisting of lead zirconate-titanate and orthophosphoric acid was obtained and investigated. Piezoelectric ceramic PZT-19 was used as filler with a controlled particle size distribution in ranges of 45 to 63 μm , 63 to 125 μm , 125 to 250 μm , 250 to 500 μm . Piezoelectric ceramic material was mixed with 85 % water solution of orthophosphoric acid added in the amount of 10 % of a PZT mass. Specimens were formed by uniaxial cold pressing under pressure of 196 MPa. Specimens were dried at 200 °C, metallized with silver based conductive paste at 700 °C, and then poled in air at electric field of 2 kV/mm at the temperature of 260 °C. Density, dielectric permittivity, dielectric loss factor, mechanical quality factor, and longitudinal, planar, and hydrostatic piezoelectric charge constants of obtained composite were measured. Compared to conventionally sintered PZT-19, obtained composite is characterized by decrease of longitudinal and planar piezoelectric charge constants, dielectric permittivity, mechanical quality factor and increase of dielectric loss factor. It is observed that different rate of decrease of longitudinal and planar piezoelectric charge constants lead to significant increase of hydrostatic charge constant, compared to a sintered piezo material. The hypotheses are made to explain observed results with the influence of paraelectric phases (air in pores and products of a reaction between piezoelectric ceramics and orthophosphoric acid).

Keywords: composite material, piezoelectric material, lead zirconate-titanate, disperse particles, phosphate binders, orthophosphoric acid, porosity, piezoelectric charge constant.

For citation: Koshkin, G. A., Pak, Ch. G., Rozen, A. E. & Kikot, V. V. (2022). Obtaining and investigation of piezoelectric composite consisting of lead zirconate-titanate and orthophosphoric acid. *Polzunovsky vestnik*, (1). 139-146. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.01.019.

ВВЕДЕНИЕ

Пьезоэлектрические материалы находят широкое применение при изготовлении чувствительных элементов датчиков, исполнительных элементов актюаторов, частотных фильтров. Наиболее распространены пьезо-керамические материалы на основе цирконата-титаната свинца (ЦТС), сочетающие в себе высокие пьезоэлектрические характеристики, возможность их модифицирования в широких пределах и возможность применения в широком температурном интервале [1].

Важный недостаток, обуславливающий ограниченность использования ЦТС-керамики в чувствительных элементах датчиков гидростатического давления, – низкое значение гидростатического (объёмного) пьезомодуля d_h , характеризующего заряд, генериру-

емый пьезоэлементом при воздействии изостатического давления. Для керамических пьезоэлектриков значение d_h определяется соотношением [2]:

$$d_h = d_{33} + 2 \cdot d_{31}, \quad (1)$$

где d_{33} – пьезомодуль растяжения–сжатия вдоль оси поляризации; пКл/Н, d_{31} – пьезомодуль растяжения–сжатия перпендикулярно направлению поляризации, пКл/Н. При изостатическом давлении на пьезоэлемент заряды, создаваемые при сжатии параллельно и перпендикулярно направлению поляризации, имеют разные знаки, из-за чего происходит компенсация зарядов противоположного знака.

Существует несколько способов решения проблемы низкой гидростатической чувствительности ЦТС.

ПОЛУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО КОМПОЗИТА В СИСТЕМЕ «ЦИРКОНАТ–ТИТАНАТ СВИНЦА–ОРТОФОСФОРНАЯ КИСЛОТА»

В первую очередь, возможна замена ЦТС на другие виды пьезокерамики, в частности, титанат свинца, характеризуемый высокой анизотропией характеристик [3]. При этом титанат свинца имеет низкий пьезомодуль, а получение плотных заготовок из материалов на его основе сопряжено с рядом трудно устранимых технологических трудностей [1].

Способы модифицирования ЦТС заключаются в повышении внутреннего трения в деформирующемся материале, позволяющего скомпенсировать пьезоэффект в направлении, перпендикулярном направлению поляризации керамики. Достигается это введением в фазу ЦТС большого количества сегнетомягких добавок [4] или включением в структуру материала параэлектрических фаз [5, 6]. Избыток сегнетомягких добавок приводит к значительному снижению температуры Кюри и, следовательно, ограничению температурного интервала применения пьезокерамики, поэтому получение многофазных материалов является более перспективным решением.

В качестве примесных фаз в ЦТС могут быть использованы твёрдые и газообразные вещества. В первом случае производится введение высокотемпературных керамических материалов, например, оксида алюминия [6]. Во втором – получение пористой структуры с использованием органических и неорганических порообразователей [5]. Высокая активность ЦТС при спекании (интенсивное испарение свинца наблюдается при температуре свыше 700 °С) [6] обуславливает химическое взаимодействие керамики и примесей, следствием чего может стать изменение состава и характеристик пьезокерамической фазы.

При этом хорошо известны и активно исследуются многофазные пьезоэлектрические композиционные материалы на основе параэлектрических матриц с диспергированными частицами пьезокерамики, в том числе, ЦТС, характеризующиеся пониженным относителем d_{33} значением d_{31} [8]. В наибольшей степени изучены композиты на полимерных матрицах: пьезоэлектрическом поливинилиденфториде (ПВДФ) [9] и параэлектриках: эпоксидных смолах [10–13], акриловых полимерах [14–16]. Важным преимуществом двух последних систем является возможность получения пьезоэлектрических красок. Основные недостатки полимерных матриц – низкая температура применения, обусловленная материалом матрицы, и потенциальная деградация полимеров под воздействием внешних факторов.

Известны неорганические связующие вещества на основе ортофосфорной кислоты и фосфатов металлов, характеризующиеся температурой применения свыше 1500 °С, высокой адгезией к металлам и неметаллам, отверждением без необходимости высокотемпературного обжига, возможностью получения композитов на фосфатной матрице с различными включениями [17]. Указанные особенности делают фосфатные связующие перспективными матричными материалами для получения пьезоэлектрических композитов, в том числе характеризующихся повышенными значениями объёмного пьезомодуля d_h .

Имеющиеся результаты исследований подтверждают принципиальную возможность получения композитов в системе «ЦТС–фосфатное связующее», но пьезоэлектрические характеристики полученного материала оказались неудовлетворительными [18]. В связи с этим целью настоящей работы является получение композиционного материала на основе фосфатного связующего с дисперсными частицами пьезокерамической фазы, обладающего повышенными пьезоэлектрическими характеристиками.

МЕТОДЫ

В качестве исходных материалов в настоящей работе использованы сегнетомягкий пьезокерамический материал общего назначения ЦТС-19 ОСТ 11 0444-87 и 85 % водный раствор термической ортофосфорной кислоты (ОФК) ГОСТ 10678-76.

Выбор ЦТС-19 обусловлен доступностью материала, наличием в открытой печати химического состава ЦТС-19 [19] и высокими пьезоэлектрическими характеристиками.

Чистая ОФК является самым простым с точки зрения состава фосфатным вяжущим материалом и также характеризуется высокой доступностью.

В связи с тем, что композит системы «ЦТС–фосфатное связующее», основанный на мелкодисперсном пьезоматериале, обладает низким значением пьезомодуля d_{33} (менее 10 пКл/Н) [18], в настоящей работе ЦТС-19 предварительно спечён для завершения всех процессов порообразования и механически измельчён. Режим спекания подобран таким образом, чтобы обеспечить плотность спечённой заготовки не менее 7,5 г/см³. Измельчение спечённых заготовок проводилось с использованием ручного гидравлического пресса.

Порошок ЦТС-19 рассеян по фракциям 45...63 мкм, 63...125 мкм, 125...250 мкм, 250...500 мкм. В порошок каждой фракции

введён 85 % водный раствор ОФК в количестве 10 % масс. При смешивании компонентов наблюдался слабый саморазогрев и незначительное газовыделение, свидетельствующие об экзотермической реакции между ОФК и ЦТС. Смесь представляла собой влажный порошок.

Из полученных формовочных масс под давлением 196 МПа отпрессовано по пять заготовок в форме диска диаметром 12,5 мм и толщиной 2,0...2,5 мм. Заготовки высушены в сушильном шкафу при температуре 200 °С в течение 8 ч.

Высушенные заготовки отшлифованы по плоскости до толщины 1,8...2,2 мм, произведён замер плотности до поляризации ρ_z . Плоскости образцов металлизированы вжиганием серебро-содержащей пасты. Температура вжигания составила 700 °С, длительность – 1 ч.

Металлизированные заготовки поляризованы в воздушной среде при температуре 260 °С в электрическом поле напряжённостью 2 кВ/мм на установке ПВС-5 (производства НКТБ «Пьезоприбор» г. Ростов-на-Дону). Поляризованные образцы подвергнуты искусственному старению при температуре 150 °С в течение 2 ч и естественному старению в течение 3 суток. Для состаренных образцов измерена плотность после поляризации ρ_n , диэлектрические и пьезоэлектрические характеристики.

Измерение d_{33} проведено квазистатическим методом на приборе APCYE3270 (производства APC International, США).

Измерение относительной диэлектрической проницаемости K_{33}^T , тангенса угла диэлектрических потерь $\text{tg}\delta$, пьезомодуля d_{31} , механической добротности Q_m произведено динамическим методом резонанса–антирезонанса по методике ОСТ 11 0444-87 с использованием прибора «Пьезо-П» (производства НКТБ «Пьезоприбор» г. Ростов-на-Дону).

Значение пьезомодуля d_h получено расчётным путём согласно формуле (1).

Таблица 1 – Усреднённые значения характеристик образцов

Table 1 - Mean characteristics of obtained specimens

Характеристика	Композиционный материал с дисперсным ЦТС, размер частиц наполнителя, мкм				Спечённый ЦТС-19
	45...63	63...125	125...250	250...500	
ρ_z , г/см ³	5,84±0,08	5,83±0,13	5,86±0,07	5,56±0,10	7,53±0,06
ρ_n , г/см ³	5,84±0,08	5,83±0,13	5,86±0,07	5,56±0,10	7,53±0,06
K_{33}^T	673±75	737±72	766±33	582±49	1847±127
$\text{tg}\delta$	0,405±0,070	0,414±0,071	0,357±0,023	0,369±0,098	0,021±0,006
Q_m	9,1±4,7	5,9±3,3	7,1±3,6	7,7±4,2	63,7±3,2
d_{33} , пКл/Н	237±27	264±40	281±16	162±46	475±57
$-d_{31}$, пКл/Н	51,0±3,3	57,6±3,7	63,6±2,2	57,0±6,5	194±34
d_h , пКл/Н	135±21	149±42	154±19	45±19	87±15

Значение удельного электрического сопротивления ρ_z рассчитано по результатам измерения электрического сопротивления с использованием тераомметра Е6-13А.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Значения характеристик образцов композита с наполнителями различного гранулометрического состава приведены в таблице 1. Также в таблице 1 приведены измеренные характеристики спечённого материала ЦТС-19, полученные на стандартных образцах типоразмера «диск» ОСТ 11 0444-87. Расчёт погрешностей измерения значений характеристик произведён для доверительного интервала 0,95 при допущении, что характеристики образцов подчиняются нормальному распределению.

Внешний вид образцов композита приведён на рисунке 1.

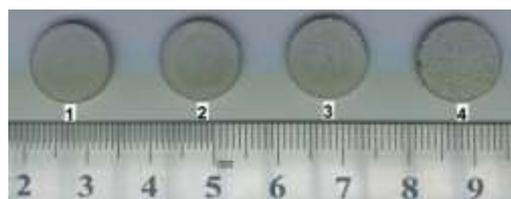


Рисунок 1 – Внешний вид образцов композита с различным размером частиц наполнителя:

- 1 – 45...63 мкм; 2 – 63...125 мкм;
- 3 – 125...250 мкм; 4 – 250...500 мкм

Figure 1 - The appearance of composite specimens with varying PZT particle size:

- 1 - 45...63 μm , 2 - 63...125 μm ,
- 3 - 125...250 μm , 250...500 μm

Удельное электрическое сопротивление ρ_z для образцов композита и спечённой керамики составило не менее $6 \cdot 10^8$ Ом·м.

ОБСУЖДЕНИЕ

Характеристики полученного композита значительно отличаются от характеристик спечённого материала, также наблюдается зависимость характеристик от гранулометрического состава пьезокерамического наполнителя.

Очевидно, что значительное снижение плотности, наблюдаемое для материалов на основе ОФК, обусловлено высокой пористостью матрицы, полученной при взаимодействии ОФК и ЦТС, увеличением вязкости формовочных масс с уменьшением размера гранул наполнителя, а также несовершенством упаковки частиц наполнителя. Первые два фактора преобладают для материалов с размером частиц от 45 до 250 мкм, в которых уменьшение размера зерна приводит к снижению плотности. В случае крупнодисперсного наполнителя с размером частиц от 250 до 500 мкм снижение плотности обусловлено третьим фактором – несовершенством упаковки частиц наполнителя.

Важно отметить, что для заготовок до вжигания электродов и после поляризации не наблюдается изменения плотности, что косвенно свидетельствует о постоянстве состава системы при температуре 700 °С и согласуется с данными по кристаллизации неорганических фосфатных полимеров [20] и испарению оксида свинца из ЦТС [7]. Тем не менее, для полного исключения влияния термообработки при вжигании электродов на характеристики композита необходимо провести тщательный рентгенофазовый анализ материала до и после воздействия температур.

Диэлектрическая проницаемость K_{33}^T композиционного материала также значительно ниже по сравнению со спечённой керамикой, что обусловлено значительно более низкой диэлектрической проницаемостью отсутствующих в спечённой керамике параэлектрических фаз – воздуха и продуктов реакции ОФК и ЦТС – расположенных электрически последовательно с пьезокерамикой.

Полученный материал характеризуется аномально высокими значениями тангенса угла диэлектрических потерь $\text{tg}\delta$ пропорционального потерям энергии при прохождении через диэлектрик переменного электрического тока. С точки зрения механизмов формирования диэлектрических характеристик сегнетоэлектриков высокие диэлектрические потери могут свидетельствовать о значительной подвижности границ доменов спонтанной поляризации, характерной для сегне-

томягких материалов [1], наличии большого числа свободных носителей заряда или высокой пористости материала. Доменная структура ЦТС-19 при получении композита не затронута в связи с тем, что размер гранул заведомо больше размера доменов спонтанной поляризации, высокое удельное электрическое сопротивление свидетельствует о небольшом количестве свободных носителей заряда, таким образом, основным фактором диэлектрических потерь является высокая пористость.

Механическая добротность Q_m обратно пропорциональна потерям энергии при прохождении через материал упругих механических колебаний. Значительное снижение добротности композита в сравнении со спечённой керамикой обусловлено как высокой пористостью, так и наличием продуктов реакции ЦТС и ОФК, значительно отличающихся от ЦТС по механическим характеристикам. Для чувствительных элементов, функционирующих в режиме изостатического давления, предпочтительна минимизация показателя добротности для скорейшего затухания уже зафиксированных механических колебаний.

Сравнение значений пьезомодулей d_{33} , d_{31} , d_h показывает, что для полученного композита характерно снижение как d_{33} , так и d_{31} , но при этом d_{31} снижается в большей степени, следствием чего становится рост d_h до двух раз относительно спечённой керамики. Причина столь значительного снижения d_{31} с наибольшей вероятностью связана с воздействием продуктов реакции ЦТС и ОФК, препятствующих в силу своих механических характеристик преобразованию нормальных направлению поляризации усилий в параллельные. Наиболее вероятная причина снижения d_{33} композита в сравнении со спечённой керамикой и максимума d_{33} для наиболее плотного состава – уменьшение доли пьезокерамического материала в поверхностном слое, взаимодействующем с электродом, т.к. прямая регистрация электрического заряда возможно только с поверхности пьезоэлектрика.

При этом нельзя исключать и того, что использованный для измерения d_{31} динамический метод резонанса–антирезонанса, разработанный для исследования характеристик спечённой пьезокерамики, не применим для композиционного материала.

Исходя из приведённых результатов, перед дальнейшими исследованиями системы «ЦТС–ОФК» стоят следующие задачи:

- определить применимость метода резонанса–антирезонанса для измерения пьезомодуля d_{31} пьезоэлектрических композитов;

- исследовать взаимодействие пьезокерамики и ОФК: определить химический и фазовый состав, микроструктуру, механические и электрические характеристики, особенности фазовых переходов;

- разработать токопроводящие композиционные материалы на основе фосфатных связующих с целью формирования электродов на поверхности пьезоэлектрического композита без вжигания;

- разработать и исследовать способы снижения пористости композита с целью снижения диэлектрических потерь;

- проверить возможность получения пьезоэлектрических композитов на основе фосфатного связующего при меньшем давлении или без использования прессования.

Решение поставленных задач позволит исчерпывающе описать фундаментальные процессы структурообразования в системе «ЦТС–фосфатное связующее», оптимизировать процесс получения объёмных высокочувствительных композиционных пьезоматериалов на основе этой системы и создать задел для получения пьезоэлектрических красок на неорганических связующих. Объёмные композиты могут быть использованы для замены пористых спечённых керамических материалов в чувствительных элементах датчиков гидростатического давления, а пьезочувствительные краски – для получения функциональных покрытий на различных конструкциях, в том числе при формировании систем структурного мониторинга работоспособности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изучение литературных источников показало, что одним из перспективных направлений исследования в области пьезоэлектрических композитов является получение материалов на основе матриц неорганических связующих, в том числе на фосфатной основе.

Для подтверждения возможности получения высокочувствительных композитов системы «ЦТС–ОФК» с повышенными характеристиками изготовлены и исследованы образцы композита с наполнителем ЦТС-19 различного гранулометрического состава.

Исследование характеристик полученных образцов показало, что пьезоэлектрический композит системы «ЦТС–ОФК» характеризуется повышенным до двух раз в сравне-

нии со спечённым ЦТС объёмным пьезомодулем d_h , и высокой пористостью. При этом высокая пористость и наличие продуктов взаимодействия ЦТС и ОФК приводит к снижению диэлектрической проницаемости, механической добротности продольного d_{33} и поперечного d_{31} пьезомодулей, росту диэлектрических потерь.

Таким образом, цель работы – получение композиционного материала на основе ЦТС и ОФК, обладающего повышенными пьезоэлектрическими характеристиками – успешно достигнута.

На основе анализа полученных результатов установлены направления дальнейших исследований материалов системы «ЦТС–ОФК»:

- доработка существующих методик измерения пьезоэлектрических характеристик материалов;

- изучение взаимодействия пьезокерамики и ОФК в части закономерностей формирования фазового состава и микроструктуры;

- разработка токопроводящих композитов на основе фосфатных связующих для получения электродов, не требующих вжигания;

- снижение пористости композита;

- разработка пьезокрасок на основе ЦТС и фосфатных связующих.

Решение поставленных задач позволит исчерпывающе описать фундаментальные процессы структурообразования в системе «ЦТС–фосфатное связующее», заменить пористые спечённые материалы в датчиках гидростатического давления и разработать пьезоэлектрические краски для систем структурного мониторинга работоспособности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Яффе Б., Кук, У.Р. Яффе, Г. Пьезоэлектрическая керамика. Москва : Мир, 1974. 290 с.

2. Антоненко А.М., Кудзин А.Ю., Гавшин М.Г. Влияние доменной структуры на электромеханические свойства сегнетокерамики ЦТС и МНВТ // Физика твердого тела. 1997. Т. 39. № 5. С. 920–921.

3. Титов С.В., Резниченко Л.А., Разумовская О.Н. Высокоэффективные пьезоэлектрические керамические материалы на основе титаната свинца, модифицированного редкоземельными элементами (РЗЭ), для ультразвуковых приборов в медицинской практике // Известия ТРТУ. 2000. № 4 (18). С. 166–167.

4. Пьезоэлектрический керамический материал : пат. 2498958 Рос. Федерация № 2012124131/03; заявл. 08.06.2021; опубл. 20.11.2013. Бюл. № 32. 7 с.

5. Способ получения композиционного пьезоматериала : пат. 2414017 Рос. Федерация

ПОЛУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО КОМПОЗИТА В СИСТЕМЕ «ЦИРКОНАТ–ТИТАНАТ СВИНЦА–ОРТОФOSФОРНАЯ КИСЛОТА»

№ 2010108372/28; заявл. 10.03.2010; опубл. 10.03.2011. Бюл. № 7. 9 с.

6. Способ получения композиционного пьезоматериала : пат. 2623693 Рос. Федерация № 2015151735; заявл. 03.12.2015; опубл. 08.06.2017. Бюл. № 16. 14 с.

7. Смажевская Е.Г., Фельдман Н.Б. Пьезоэлектрическая керамика. Москва : Советское радио. 1971. 200 с.

8. Пьезоэлектрический отклик и особенности микрогеометрии нового композита на основе сегнетопьезокерамики ЦТС-19 / П.А. Борзов [и др.] // Нано- и микросистемная техника. 2015. № 6. С. 22–29.

9. Dielectric and piezoelectric properties of PVDF/PZT composites: A review / A. Jain [et al.] // Polym. Eng. Sci. 2015. Vol. 55. № 7. P. 1589–1616. doi10.1002/pen.24088.

10. Egusa S., Iwasawa N. Piezoelectric paints as one approach to smart structural materials with health-monitoring capabilities // Smart Mater. Struct. 1998. Vol. 7. № 4. P. 438–445. doi 10.1088/0964-1726/7/4/002.

11. Giurgiutiu V., Lin B. In situ fabricated smart material active sensors for structural health monitoring // Smart Materials III: SPIE, 2004. Vol. 5648. P. 68–78. doi 10.1117/12.582146.

12. Kang L.-H. Vibration and impact monitoring of a composite-wing model using piezoelectric paint // Adv. Compos. Mater. 2014. Vol. 23. № 1. P. 73–84. doi 10.1080/09243046.2013.862390.

13. Han D.-H., Kang L.-H. Piezoelectric properties of paint sensor according to piezoelectric materials // Funct. Compos. Struct. 2020. Vol. 2. № 2. P. 1–11. doi 10.1088/2631-6331/ab90e1.

14. Payo I., Hale J.M. Dynamic characterization of piezoelectric paint sensors under biaxial strain // Sens. Actuators Phys. 2010. Vol. 163. № 1. P. 150–158. doi 10.1016/j.sna.2010.08.005.

15. Payo I., Hale J.M. Sensitivity analysis of piezoelectric paint sensors made up of PZT ceramic powder and water-based acrylic polymer // Sens. Actuators Phys. 2011. Vol. 168. № 1. P. 77–89. doi 10.1016/j.sna.2011.04.008.

16. Energy harvesting from piezoelectric paint films under biaxial strain / I. Payo [et al.] // Smart Mater. Struct. 2020. Vol. 29. № 5. P. 055008. doi 10.1088/1361-665X/ab79b4.

17. Судакас Л.Г. Фосфатные вяжущие системы. Санкт-Петербург : Квинтет, 2008. 254 с.

18. Кошкин Г.А., Пак Ч.Г., Розен А.Е., Кикот В.В., Андреев, В.Г. Получение композиционного материала системы «цирконат–титанат свинца – фосфатное связующее» // Международный симпозиум «Надежность и качество». Пенза : ПГУ, 2021. Т. 2.

19. Глозман И.А. Пьезокерамические материалы в электронной технике. Москва–Ленинград: Энергия, 1965. 192 с.

20. Магилат В.А. Жаростойкий газобетон на основе алюмоборфосфатного связующего и высокоглиноземистых отходов нефтехимии : автор. дис. ... канд. техн. наук. Уфа, 2002. 20 с.

Информация об авторах

Г. А. Кошкин – аспирант кафедры «Сварочное, литейное производство и материаловедение» Пензенского государственного университета.

Ч. Г. Пак – кандидат технических наук, доцент кафедры «Сварочное, литейное производство и материаловедение» Пензенского государственного университета.

А. Е. Розен – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Сварочное, литейное производство и материаловедение» Пензенского государственного университета.

В. В. Кикот – кандидат технических наук, доцент кафедры «Ракетно-космическое и авиационное приборостроение» Пензенского государственного университета.

REFERENCES

1. Jaffe, B., Cook, W.R. & Jaffe, H. (1974). *Piezoelectric ceramics*. Moscow: Mir. (In Russ.).

2. Antonenko, A.M., Kudzin, A.Yu. & Gavshin, M.G. (1997). Influence of domain structure on electromechanical properties of PZT and $\text{Mx}(\text{Na}_{0.5}\text{Bi}_{0.5})_{1-x}\text{TiO}_3$ ferroelectric ceramics. *Physics of the Solid State*, 39 (5), 920-921. (In Russ.).

3. Titov, S.V., Reznichenko, L.A. & Razumovskaya, O.N. (2000). High performance piezoelectric ceramic materials based on lead titanate, modified with rare earth elements, for medical ultrasonic devices. *Izvestiya TSURE*, 4 (18), 166-167. (In Russ.).

4. Reznichenko, L.A., Dudkina, S.I., Talanov, M.V., Razumovskaya, O.N. & Verbenko, I.A. (2013). Piezoelectric ceramic material. *Pat.2498958. Russian Federation, published on 20.11.2013*, Bull. No. 32. (In Russ.).

5. Rybyanets, A.N. (2011). Method of producing composite piezoelectric material *Pat. 2414017. Russian Federation, published on 10.03.2011*, Bull. No. 7. (In Russ.).

6. Naumenko, A.A., Rybyanets, A.N. & Shvetsova, N.A. (2017). A method of obtaining composite piezomaterial. *Pat. 2623693. Russian Federation, published on 08.06.2017*, Bull. No. 16. (In Russ.).

7. Smazhevskaya, Ye.G. & Fel'dman, N.B. (1971). *Piezoelectric ceramics*. Moscow: Soviet Radio. (In Russ.).

8. Borzov, P.A., Topolov, V.Yu., Vorontsov, A.A., & Bryl', O.Ye. (2015). Piezoelectric Response and Microgeometric Features of a New Composite Based on ZTS-19 Ferroelectric Ceramics. *Nano- and Microsystems Technology*, 6, 22-29. (In Russ.).

9. Jain, A., Prashanth, K.J., Sharma, A.K., Jain, A. & Rashmi, P.N. (2015). Dielectric and piezoelectric properties of PVDF/PZT composites: A review. *Polymer Engineering & Science*, 55(7), 1589-1616. doi 10.1002/pen.24088.

10. Egusa, S. & Iwasawa, N. (1998). Piezoelectric paints as one approach to smart structural materi-

als with health-monitoring capabilities. *Smart Materials and Structures*, 7(4), 438-445. doi 10.1088/0964-1726/7/4/002.

11. Giurgiutiu, V. & Lin, B. (2004). In situ fabricated smart material active sensors for structural health monitoring. *Smart Materials III*, 5648, 68-78. doi10.1117/12.582146.

12. Kang, L.-H. (2014). Vibration and impact monitoring of a composite-wing model using piezoelectric paint. *Advanced Composite Materials*, 23(1), 73-84. doi 10.1080/09243046.2013.862390.

13. Han, D.-H. & Kang, L.-H. (2020). Piezoelectric properties of paint sensor according to piezoelectric materials. *Functional Composites and Structures*, 2(2), 1-11. doi 10.1088/2631-6331/ab90e1.

14. Payo, I. & Hale, J.M. (2010). Dynamic characterization of piezoelectric paint sensors under biaxial strain. *Sensors and Actuators A: Physical*, 163(1), 150-158. doi 10.1016/j.sna.2010.08.005.

15. Payo, I. & Hale, J.M. (2011). Sensitivity analysis of piezoelectric paint sensors made up of PZT ceramic powder and water-based acrylic polymer. *Sensors and Actuators A: Physical*, 168(1), 77-89. doi 10.1016/j.sna.2011.04.008.

16. Payo, I., Rodriguez, D., Oliva, J. & Valverde, D. (2020). Energy harvesting from piezoelectric paint films under biaxial strain. *Smart Materials and Structures*, 29(5), 1-13. doi 10.1088/1361-665X/ab79b4.

17. Sudakas, L.G. (2008). *Phosphate binding systems*. Saint-Petersburg: Kvintet. (In Russ.).

18. Koshkin, G.A., Pak, Ch.G., Rozen, A.Ye., Kikot, V.V. & Andreyev, V.G. (2021). Obtaining the

composite material consisting of lead zirconate-titanate and phosphate binder. *Transactions of the international symposium on reliability and quality*. Penza: PSU. (In Russ.).

19. Gluzman, I.A. (1965). *Piezoelectric ceramic materials in electronics*. Moscow : Energy. (In Russ.).

20. Magilat, V.A. (2002). Refractory porous concrete based on aluminum-boron-phosphate binder and high-alumina byproducts of petroleum chemistry. Extended abstract of candidate's thesis. Ufa. (In Russ.).

Information about the authors

G. A. Koshkin – post-graduate student of *Welding and Foundry Engineering, Materials Science Department of Penza State University*.

Ch. G. Pak – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the *Welding and Foundry Engineering, Materials Science Department of Penza State University*.

A. Ye. Rozen. – Doctor of Technical Sciences, Head of the *Welding and Foundry Engineering, Materials Science Department of Penza State University*.

V. V. Kikot – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department «*Rocket-space and aviation instrumentation*» of *Penza State University*.

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

Статья поступила в редакцию 31.01.2022; одобрена после рецензирования 03.03.2022; принята к публикации 10.03.2022.

The article was received by the editorial board on 31 Jan 22; approved after reviewing on 3 Mar 22; accepted for publication on 10 Mar 22.



Научная статья
2.6.17 – Материаловедение (технические науки)
УДК 541.64
doi: 10.25712/ASTU.2072–8921.2022.01.020

ОЦЕНКА ВКЛАДА АГЛОМЕРИРОВАННОГО КОМПОНЕНТА В ФОРМИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ НАПОЛНЕННЫХ ПОЛИМЕРОВ ПО СРАВНИТЕЛЬНЫМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ МИКРОФОТОГРАФИЙ СТРУКТУРЫ

Наталья Николаевна Минакова

Алтайский государственный университет, Барнаул, Россия
minakova@asu.ru

Аннотация. Решение задачи конструирования свойств электропроводящих наполненных полимеров для конкретной области применения осложняется многокомпонентностью структуры таких материалов. Поэтому актуален поиск новых подходов к выявлению закономерностей «структура–свойства».

Предлагается подход к сопоставлению структур электропроводящих наполненных полимеров с помощью показателя, рассчитываемого по двум сравниваемым микрофотографиям.

Объектом исследования выбраны наполненные каучуки с электропроводящим компонентом техническим углеродом, распределение которого по объему структуры сложно для распознавания на микрофотографиях из-за его склонности к агломерированию.

Анализировались одноканальная и трехканальная гистограммы изображений. Трехканальная гистограмма получена в рамках модели RGB. Сравнение гистограмм выполнялось с использованием метода локальных бинарных шаблонов. Использованы расстояния Кульбака–Лейблера и Бхаттачария, характеризующие разницу в структурах материалов, проявляющихся на микрофотографиях.

Показано, что по предложенному в работе подходу сравнение микрофотографий известного материала и материала предлагаемого состава или технологии при минимизации трудозатрат по обработке изображений позволяет оценить наличие или отсутствие разницы в структуре, влияющей на величину электропроводности.

Ключевые слова: изображение макроструктуры, полимерные композиционные материалы, наполненные техническим углеродом каучуки, наполненные полимеры, электропроводящий компонент, объемное электрическое сопротивление, метод локальных линейных шаблонов, расстояние Бхаттачария, расстояние Кульбака–Лейблера.

Для цитирования: Минакова, Н. Н. Оценка вклада агломерированного компонента в формирование электропроводности наполненных полимеров по сравнительным характеристикам микрофотографий структуры // Ползуновский вестник. 2022. № 1. С. 147–153. doi: 10.25712/ASTU.2072–8921.2022.01.020.

Original article

EVALUATION OF THE CONTRIBUTION OF THE AGGLOMERED COMPONENT TO THE FORMATION OF THE ELECTRICAL CONDUCTIVITY OF FILLED POLYMERS ACCORDING TO COMPARATIVE CHARACTERISTICS MICROPHOTOGRAPHY OF THE STRUCTURE

Natalia N. Minakova

Altai State University, Barnaul, Russia
minakova@asu.ru

Abstract. *The solution of the problem of designing the properties of electrically conductive filled polymers for a specific field of application is complicated by the multicomponent structure of such materials. Therefore, the search for new approaches to identifying patterns of "structure-properties" is relevant.*

An approach is proposed for comparing the structures of electrically conductive filled polymers using an indicator calculated from two compared micrographs.

Filled rubbers with an electrically conductive component, carbon black, whose distribution over the volume of the structure is difficult to recognize in microphotographs due to its tendency to agglomeration, were chosen as the object of study.

Single-channel and three-channel image histograms were analyzed. The three-channel histogram was obtained within the RGB model. Histograms were compared using the method of local binary templates. Kullback-Leibler and Bhattacharya distances are used, which characterize the difference in the structures of materials that appear in microphotographs.

It is shown that, according to the approach proposed in the work, a comparison of microphotographs of a known material and a material of the proposed composition or technology while minimizing labor costs for image processing. Allows you to evaluate the presence or absence of a difference in the structure that affects the magnitude of the electrical conductivity.

Keywords: *macrostructure image, polymer composite materials, carbon black-filled rubbers, filled polymers, electrically conductive component, volumetric electrical resistance, local linear template method, Bhattacharya distance, Kullback-Leibler distance.*

Forcitation: Minakova, N. N. (2022). Evaluation of the contribution of the agglomerated component to the formation of the electrical conductivity of filled polymers according to comparative characteristics microphotography of the structure. *Polzunovskiy vestnik*, (1), 147-153. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072–8921.2022.01.020.

Наполненные электропроводящими компонентами полимеры применяются в различных электротехнических устройствах и электрофизических установках [1–4]. Электропроводность обеспечивается сеткой проводящих частиц, наглядно проявляющейся на изображении структуры материала. Полимер определяет степень уплотнения электропроводящего компонента в материале, процессы физико-химического взаимодействия [5–7].

Электротехнические устройства работают в различных условиях, поэтому материалы должны удовлетворять спектру требований. Структура таких материалов многокомпонентная, поэтому в формировании конечных характеристик участвует множество факторов как рецептурных, так и технологиче-

ских. Разработка материалов с заданными свойствами для такой гетерогенной структуры из-за невозможности корректного аналитического подхода выполняется обычно с помощью эмпирического подхода.

Конструирование композиционного материала с заданными свойствами требует понимания особенностей формирования структуры в зависимости от состава материала. Существуют различные подходы к оценке свойств многокомпонентных материалов. Один из них – количественная оценка микрофотографий структуры конкретного состава и технологии с помощью текстурного анализа, определения фрактальных параметров и т.д. [8].

ОЦЕНКА ВКЛАДА АГЛОМЕРИРОВАННОГО КОМПОНЕНТА В ФОРМИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ НАПОЛНЕННЫХ ПОЛИМЕРОВ ПО СРАВНИТЕЛЬНЫМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ МИКРОФОТОГРАФИЙ СТРУКТУРЫ

Обычно микрофотографии для получения конкретной количественной характеристики подвергаются серии преобработок, например, определение порога бинаризации, конкретизация размера области микрофотографии, в рамках которой рассчитывалось единичное значение признака, выделение границ между проводящим компонентом и полимером и т.д. [8].

Представляло интерес оценить возможность упрощения преобработки для анализа микрофотографий наполненных полимеров.

Было предположено, что уменьшить трудоемкость преобработки из-за вклада возможных разных условий получения микрофотографий в определяемые по ним параметры можно следующим образом: вместо расчета показателей по каждому изображению применить показатель, определяющий отличия одной структуры от другой для двух сравниваемых изображений.

Для проверки этого предположения в качестве объекта исследования выбраны наполненные полимерные материалы, микрофотографии которых согласно литературным данным незначительно отличаются между собой, несмотря на разницу в электропроводности. Такая особенность имеет место, если электропроводящий компонент склонен к агломерированию [2, 7]. Например, при агломерированном техническом углероде добавляется ряд факторов в формирование электропроводности из-за сложной структуры, различного состава частиц на поверхности, связанного с технологией получения, изменения поверхностных свойств, их влияния на физико-химическое взаимодействие в материале. В технологическом процессе одновременно происходят разрушения агрегатов технического углерода, агломерация и деагломерация его частиц, статистическое распределение по фракциям и т.д. Это определяет многофакторный характер взаимодействия с полимером, образуются структуры адсорбированного, окклюдируемого и химически связанного полимера [2, 9].

Исследовался наполненный техническим углеродом бутилкаучук БК-2055. Концентрация электропроводящего компонента составляла 80 весовых частей на 100 весовых частей каучука. Применен высокодисперсный технический углерод марок, которые, согласно литературным данным, обладают склонностью к агломерированию П-234 и П-366Э при высокой дисперсности [10]. П-366Э обладает большей склонностью к агломерированию, чем П-234. Разница между величинами объемного электрического со-

противления таких материалов больше, чем на порядок (величина ρ_v материала на основе П-366Э–0,4 Ом·м, на основе П-234–5,6 ом·м).

Предлагается анализировать микрофотографии наполненных полимеров по сопоставлению гистограмм изображений с использованием линейных локальных шаблонов [11–13].

Вычисление локального бинарного шаблона для некоторого множества точек на исследуемом изображении позволяет получить информацию о изменении яркости на изображении. Метод выбран из-за малой ресурсоемкости и инвариантности при преобразованиях яркости, сохраняющих порядок.

Базовый оператор локального бинарного шаблона использует 8 пикселей окрестности [11–13]. Порог – значение интенсивности центрального пикселя. Результат его применения к пикселю изображения – восьмиразрядный бинарный код, который описывает окрестность этого пикселя. Каждый шаблон несет в себе информацию о соседних точках.

Локальные бинарные шаблоны вычисляются по следующей формуле [11]:

$$LBPp, c = \sum_{p=0}^{p-1} S(g_p - g_c) 2^p,$$

где С – точка, для которой вычисляется локальный бинарный шаблон; $p = \{0, \dots, P-1\}$ – некая окрестность точки с; g_c и g_p – значения яркости в соответствующих точках; s – функция, которая возвращает 1, если значение в скобках больше нуля.

Программа написана с использованием языка Python и библиотеки Open CV.

Анализировались одноканальные и трехканальные гистограммы. Трехканальная гистограмма построена в рамках цветовой модели RGB – комбинации 3 основных цветов Red (красный), Green (зелёный), Blue (синий) [14].

Преобработка заключалась в унификации размеров выбранных изображений: максимальный размер обрабатываемого изображения совпадает по разрешению с размером экрана компьютера. При считывании изображения с большим разрешением происходит автоматическое преобразование разрешения изображения до нужных размеров. Унифицирование изображений происходит при помощи использования функции библиотеки Open CV [15]. Применен метод билинейной интерполяции.

Рассчитывались гистограммы изображений с помощью функции библиотеки Open CV, которая принимает на вход изображение в качестве массива значений яркости для каждого

пикселя: номер канала (например, для одноканальной гистограммы номер канала = 0); маску для изображения (так как гистограмма строится для всего изображения, значение маски None); количество бинов (256 значений яркости); отрезок значений яркости, которые включаются в гистограмму. На выходе – массив: значения яркости, которые могут принимать пиксели, количество строк (пикселей для изображения размером 256*256 пикселей) [15].

В рамках модели RGB каждое изображение разбивалось с помощью функции библиотеки Open CV на 3 канала: redchannel, bluechannel, greenchannel. Вычислялась гистограмма для каждого канала в отдельности. Гистограммы каналов сравнивались друг с другом (например, redchannel 1 сравнивался с redchannel 2). В качестве окончательного результата выводилось среднее значение.

Сравнение рассчитанных гистограмм происходило с помощью функции библиотеки Open CV, которая на вход принимает две гистограммы и метод сравнения, возвращает рассчитанную величину [15].

Количественное выражение для расчета «расстояния» между гистограммами можно определить различными методами. На данном этапе выбраны расстояние Бхаттачария и расстояние Кульбака–Лейблера [16, 17].

Расстояние Бхаттачария определялось по формуле [16]:

$$d_b(H_1, H_2) = \sqrt{1 - \frac{\sum_i \sqrt{H_1(i) \cdot H_2(i)}}{\sqrt{\sum_i H_1(i) \cdot \sum_i H_2(i)}}}$$

где H_1 и H_2 – сравниваемые гистограммы; $H_1(i)$ и $H_2(i)$ – элементы соответствующих гистограмм с номером i .

Взвешенное расстояние Кульбака–Лейблера в симметричной форме вычислялось по формуле [17]:

$$d(H_1, H_2) = \sum_I H_1(I) \log\left(\frac{H_1(I)}{H_2(I)}\right)$$

где H_1, H_2 – сравниваемые гистограммы изображений.

Для выбранных показателей меньшее расстояние указывает на большее совпадение гистограмм изображений. Поскольку по электропроводности материалы отличаются существенно, корректную оценку структуры дают большие значения вычисленных расстояний.

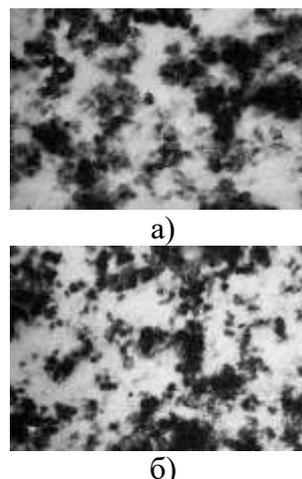


Рисунок 1 – Электронно-микроскопические снимки (увеличение 32000): основа БК–2055,80 в.ч. на 100 в. ч. электропроводящий компонент: а) П-366Э; б) П-234

Figure 1 - Electron microscopic images (magnification 32000): BK-2055 base, 80 w.h. per 100 in. h. electrically conductive component: a) P-366E; b) P-234

Результаты сравнения микрофотографий материалов с электропроводящими компонентами П-234 и П-366Э (рисунок 1) приведены на рисунках 2, 3.

Полученные результаты показывают, что материалы, отличающиеся по электропроводности, имеют в рамках предложенного подхода количественную разницу в рассчитываемых расстояниях (рисунки 2, 3).

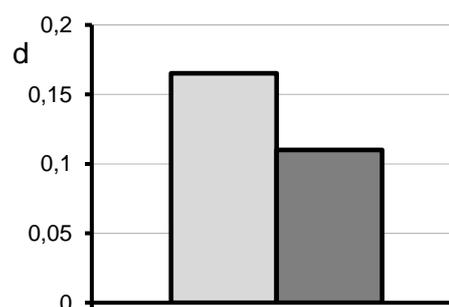


Рисунок 2 – Сравнение гистограмм изображений по расстоянию Бхаттачария. Столбцы слева – одноканальные гистограммы, справа – трехканальные

Figure 2 - Comparison of image histograms by Bhattacharyya distance. The columns on the left are single-channel histograms, on the right are three-channel

ОЦЕНКА ВКЛАДА АГЛОМЕРИРОВАННОГО КОМПОНЕНТА В ФОРМИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ НАПОЛНЕННЫХ ПОЛИМЕРОВ ПО СРАВНИТЕЛЬНЫМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ МИКРОФОТОГРАФИЙ СТРУКТУРЫ

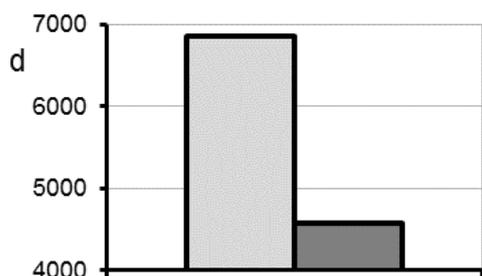


Рисунок 3 – Сравнение гистограмм изображений по расстоянию Кульбака–Лейблера. Столбцы слева – одноканальные гистограммы, справа – трехканальные

Figure 3 - Comparison of image histograms by Kullback-Leibler distance. The columns on the left are single-channel histograms, on the right are three-channel

Разница в электропроводности для таких материалов может быть связана, как известно, с распределением по размерам агломерированного компонента и межфазными взаимодействиями [2, 18].

Для оценки вклада агломерирования без межфазных взаимодействий в рассматриваемый подход использована модель наполненных полимеров, позволяющая учитывать и анализировать геометрию неоднородной макроструктуры в части характеристик, коррелирующих с электропроводностью [19]. Имитационная модель учитывает особенности поведения первичного и вторичного агрегата в технологическом процессе. При формировании структуры частицы вторичного агрегата могут разделяться между собой в отличие от частиц первичного [2, 20].

Модельные структуры представлены на рисунке 4.

Они отличаются степенью агломерирования, которая определяется как количество частиц одинакового размера первичного агрегата к количеству частиц первичного и вторичного агрегата [2] (например, в модельной структуре 0–120 количество частиц в первичном агрегате 0, во вторичном – 120).

В таблице 1 представлены результаты сравнения микрофотографий модельных структур. Сравнились структуры при количестве частиц в первичном и вторичном агрегатах: а – 0–120 и 120–0; б – 120–0 и 60–60; Данные представлены для одноканальной гистограммы (каналы 1) и трехканальной (каналы 3).

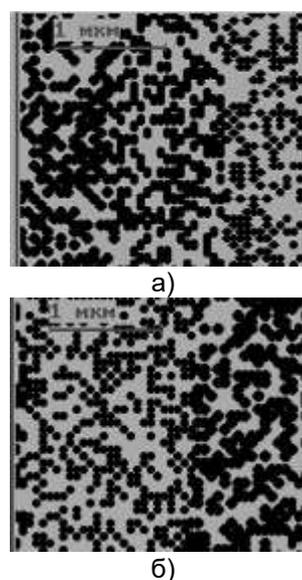


Рисунок 4 – Модельные структуры: количество частиц в первичном и вторичном агрегате а) 0–120 и 120–0; б) 120–0 и 60–60

Figure 4 - Model structures: the number of particles in the primary and secondary aggregates а) 0-120 и 120-0; б) 120-0 и 60-60

Таблица 1 – Сравнение гистограмм яркости модельных структур

Table 1 - Comparison of brightness histograms of model structures

Расстояния	Каналы	Сравниваемые объекты	
		а	б
Бхаттачария	1	0,081	0,092
	3	0,0542	0,064
Кульбака–Лейблера	1	5289	3553
	3	3526	2369

Результаты численных экспериментов показали, что оба рассматриваемых расстояния реагируют на сравниваемые структуры.

Сравнение результатов расчетов расстояний между гистограммами изображений для реальных и модельных структур показало, что модельные структуры имеют меньшие числовые показатели по сравнению с реальными. Разница может быть связана с тем, что в реальных структурах имеют место межфазные слои с измененными характеристиками вследствие физико-химических взаимодействий. Они могут частично проявляться на микрофотографии из-за разницы в локальной плотности материала.

Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы:

1. Предложенный в работе подход, заключающийся в вычислении параметра, определяющего степень схожести двух микрофотографий структур, позволяет оценить разницу в электропроводности наполненных полимеров с агломерированным компонентом.

2. Рассматриваемые показатели (расстояния Бхаттачария и Кульбака–Лейблера) дают корректные результаты: электропроводящие наполненные полимеры с разницей в электропроводности имеют отличающиеся значения показателей. Закономерности одинаковые – при переходе от одноканальной гистограммы к трехканальной уменьшаются обе величины рассматриваемых показателей. Различие между рассчитанными параметрами меньше, чем между значениями электропроводности. Можно полагать, что это связано с межфазными взаимодействиями.

3. На модельных структурах выявлена та же закономерность: на разницу в структурах реагируют оба рассматриваемых в работе показателя.

4. Сравнение результатов экспериментов на реальных микрофотографиях и модельных структурах показывает, что выявленная схожесть закономерностей отличается по количественному параметру: числовые значения, характеризующие разницу между структурами, меньше у модельных структур по сравнению с реальными. Можно полагать, что это связано с проявлением на микрофотографиях реальных структур межфазных взаимодействий, например, из-за изменения локальной плотности материала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дисперсно-наполненные полимерные композиты технического и медицинского назначения / Б.А. Люкшин [и др.] ; под ред. А.В. Герасимов. Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2017. 311 с.
2. Гуль В.Е., Шенфиль Л.З. Электропроводящие полимерные композиции. М. : Химия, 1984. 240 с.
3. Минакова Н.Н. Моделирование процессов эксплуатационных воздействий для дисперсно-наполненных полимеров // Известия высших учебных заведений физика. 2000. Т. 43. № 1. С. 42–45.
4. Минакова Н.Н., Сквирская И.И., Ушаков В.Я. Низковольтные характеристики материала на основе каучука с углеродным наполнителем для объемных резисторов // Электричество. 1986. № 4. С. 64–66.
5. Алоев В.З., Козлов Г.В. Физика ориентационных явлений в полимерных материалах. Нальчик : Полиграфсервис. Т. 2002. 288 с.

6. Липатов Ю.С. Физико-химические основы наполнения полимеров. М. : Химия, 1991. 260 с.

7. Шуплецов В.Г., Орехов С.В., Кулезнев В.Н. Исследование распределения сажи в полимерах методом электронной микроскопии // Высокомолек. соед. Серия А. 1981. Т. XXIII. № 6. С. 1192–1196.

8. Минакова Н.Н., Ушаков В.Я. Текстурированный анализ дисперсной структуры композитных эластомеров с модифицированным углеродным наполнителем // Известия высших учебных заведений. Физика. 2002. Т. 45. № 2. С. 80–83.

9. Крикоров В.С., Колмакова Л.А. Электропроводящие полимерные материалы. М. : Энергоатомиздат, 1984. 176 с.

10. Раздьяконова Г.И. Получение и свойства дисперсного углерода. Омск : ОмГТУ, 2014. С. 154–156.

11. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. М. : Техносфера, 2005. 1072 с.

12. Shan C., Gong S., Mc, Owan P.W. Facial expression based on local binary patterns: A comprehensive study // Image and Vision Computing. 27(6). 2009. P. 803–816.

13. Maenpaa T. The local binary pattern approach to texture analysis – Extensions and Applications. Oulu University Press, 2003. 80 p.

14. Постнов К.В. Компьютерная графика. М. : МГСУ, 2009. 249 с

15. Open CV: сравнение гистограмм. Сайт. URL: https://docs.opencv.org/3.4/d8/dc8/tutorial_histogram_comparison.html [Электронный ресурс]. Дата обращения 17.10.2021).

16. Xu M. Tighter Performance Bounds on Image Registration / M. Xu, P.K. Varshney // in Proc. IEEE Int. Conference on Acoustics Speech and Signal Processing (ICASSP 2006). 2006. P. 777–780.

17. Боровков Л.Л. Математическая статистика. Оценка параметров. Проверка гипотез. М. : Наука, 1984. 472 с.

18. Минакова Н.Н. Работа резистивных полимерных многокомпонентных материалов в электроустановках. Барнаул, 1997.

19. Минакова Н.Н., Сквирская И.И., Ушаков В.Я., Яровой М.В. Структурно-ориентированная компьютерная модель гетерогенной системы с углеродным наполнителем // Известия вузов. Физика. 1998. Т. 41. № 6. С. 95–99.

20. Полимерные композиционные материалы : структура, свойства, технология / М.Л. Кербер, В.М. Виноградов, Г.С. Головкин [и др.] ; под ред. А.А. Берлина. СПб. : Профессия. 2008. 560 с.

Информация об авторе

Н. Н. Минакова – доктор физико-математических наук, профессор, Алтайский государственный университет.

ОЦЕНКА ВКЛАДА АГЛОМЕРИРОВАННОГО КОМПОНЕНТА В ФОРМИРОВАНИЕ
ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ НАПОЛНЕННЫХ ПОЛИМЕРОВ ПО СРАВНИТЕЛЬНЫМ
ХАРАКТЕРИСТИКАМ МИКРОФОТОГРАФИЙ СТРУКТУРЫ

REFERENCES

1. Gerasimov, A.V. & Lyukshin, B.A. (2017). Dispersed-filled polymer composites for technical and medical purposes. Novosibirsk: Publishing House of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences. (In Russ.).
2. Gul, V.E. & Shenfil, L.Z. (1984). Electrically conductive polymer compositions. Moscow: Chemistry. (In Russ.).
3. Minakova, N.N. (2000). Modeling of processes of operational impacts for dispersed-filled polymers. *Izvestia of higher educational institutions of physics*, 43(1), 42-45. (In Russ.).
4. Minakova, N.N., Skvirskaya, I.I. & Ushakov, V.Ya. (1986). Low-voltage characteristics of a material based on rubber with a carbon filler for bulk resistors. *Electricity*, (4), 64-66. (In Russ.).
5. Alov, V.Z. & Kozlov, G.V. (2002). *Physics of orientational phenomena in polymeric materials*. Nalchik: Polygraphservice. (In Russ.).
6. Lipatov, Yu.S. (1991). Physical and chemical bases of filling polymers. Moscow: Chemistry. (In Russ.).
7. Shupletsov, V.G., Orekhov, S.V. & Kuleznev, V.N. (1981). Investigation of soot distribution in polymers by electron microscopy. *Vysokomolekul. Comm., Series A. T. XXIII*, (6), 1192-1196. (In Russ.).
8. Minakova, N.N. & Ushakov, V.Ya. (2002). Textural analysis of the disperse structure of composite elastomers with a modified carbon filler. *News of universities*, 45(2), 80-83. (In Russ.).
9. Krikorov, V.S. & Kolmakova, L.A. (1984). Electrically conductive polymeric materials. Moscow: Energoatom izdat. (In Russ.).
10. Razdyakonova, G.I. (2014). Obtaining and properties of dispersed carbon. Omsk: OmGTU. (In Russ.).
11. Gonzalez, R. & Woods, R. (2005). Digital image processing. Moscow: Technosfera. (In Russ.).
12. Shan, C, Gong, S., Mc & Owan, P.W. (2009). Facial expression based on local binary patterns: A comprehensive study. *Image and Vision Computing*, 27(6), 803-816.
13. Maenpaa, T. (2003). *The local binary pattern approach to texture analysis-Extensions and Applications*. Oulu University Press.
14. Postnov, K.V. (2009). Computer graphics. Moscow: MGSU. (In Russ.).
15. Open CV: comparison of histograms Retrieved from https://docs.opencv.org/3.4/d8/dc8/tutorial_histogram_comparison.html. (In Russ.).
16. Xu, M. & Varshney, P.K. (2006). Tighter Performance Bounds on Image Registration. *In Proc. IEEE Int. Conference on Acoustics Speech and Signal Processing (ICASSP 2006)*. P. 777-780.
17. Borovkov, L.L. (1984). Mathematical statistics. Parameter estimation. Hypothesis testing. Moscow: Nauka. (In Russ.).
18. Minakova, N.N. (1997). Work of resistive polymeric multicomponent materials in electrical installations. Barnaul. (In Russ.).
19. Minakova, N.N., Skvirskaya, I.I., Ushakov, V.Ya. & Yarovoy, M.V. (1998). Structural-oriented computer model of a heterogeneous system with a carbon filler. *Izvestiya vuzov. Physics*, 41(6), 95-99. (In Russ.).
20. Kerber, M.L., Vinogradov, V.M., Golovkin, G.S. and others. (2008). Polymer composite materials: structure, properties, technology. St. Petersburg: Profession. (In Russ.).

Information about the author

N. N. Minakova - Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Altai State University.

Статья поступила в редакцию 12.01.2022; одобрена после рецензирования 25.01.2022; принята к публикации 28.02.2022.

The article was received by the editorial board on 12 Jan 22; approved after reviewing on 25 Jan 22; accepted for publication on 28 Feb 22.



Научная статья
05.17.06 – Технология и переработка полимеров и композитов (технические науки)
УДК 678
doi: 10.25712/ASTU.2072–8921.2022.01.021

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА НА СВОЙСТВА ИЗОПРЕНОВЫХ ЭЛАСТОМЕРОВ

Игорь Сергеевич Макаров¹, Афанасий Алексеевич Дьяконов²,
Наталья Николаевна Петрова³, Айталипа Алексеевна Охлопкова⁴,
Надежда Николаевна Лазарева⁵, Анатолий Константинович Кычкин⁶,
Айсен Анатольевич Кычкин⁷, Алексей Геннадьевич Туисов⁸,
Павел Васильевич Винокуров⁹, Наталья Павловна Гладкина¹⁰

^{1,2,3,4,5,9,10} Северо-Восточный федеральный университет им. М. К. Аммосова, г. Якутск, Россия

¹ misergeevich@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2794-1164>

² afonya71185@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6959-368X>

³ pnn2002@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-7699-751>

⁴ okhlopkova@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0691-7066>

⁵ lazareva-nadia92@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5090-0793>

⁹ pv.vinokurov@s-vfu.ru, <http://orcid.org/0000-0003-2004-6631>

¹⁰ lan41453@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-3969-4727>

^{2,6} Институт физико-технических проблем Севера им. В. П. Ларионова СО РАН, г. Якутск, Россия

⁶ kychkinplasma@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5276-5713>

^{7,8} Федеральный исследовательский центр «Якутский научный центр СО РАН», г. Якутск, Россия

⁷ icen.kychkin@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1540-8140>

⁸ tuisovag@gmail.com

Аннотация. В работе приведены результаты исследования влияния удельной поверхности технических углеродов на физико-механические и температурные свойства изопренового каучука СКИ-3. В ходе работы установлено, что с увеличением удельной поверхности происходит повышение прочностных свойств, снижение износостойкости и остаточной деформации сжатия. Также приведены результаты исследования физико-механических свойств резин после термического старения и воздействия масла АМГ-10. После воздействия высокой температуры и углеводородной среды наблюдается существенное снижение свойств эластомеров. Температуру стеклования эластомеров определяли при помощи дифференциально-сканирующего калориметра DSC-Phoenix. Коэффициент линейно-температурного расширения определяли на термомеханическом анализаторе Shimadzu TMA-60/60H в температурном диапазоне от минус 80 °С до плюс 100 °С. Исследования показали повышение температуры стеклования эластомеров и снижение изменения линейных размеров по мере увеличения удельной поверхности технического углерода. Изучение микроструктуры эластомеров осуществляли на растровом электронном микроскопе JEOL JSM-7800F. Исследование структуры образцов в объеме показало, что с увеличением удельной поверхности технического углерода наблюдается более интенсивное взаимодействие с макромолекулами каучука, что объясняет повышение прочностных свойств эластомера. Исследование образцов методом электронной микроскопии, подвергнутых абразивному износу, показало, что образец с большей удельной поверхностью технического углерода покрыт крупными «бороздами» размерами до ~ 200 мкм, что объясняет снижение износостойкости.

© Макаров И. С., Дьяконов А. А., Петрова Н. Н., Охлопкова А. А., Лазарева Н. Н.,
Кычкин А. К., Кычкин А. А., Туисов А. Г., Винокуров П. В., Гладкина Н. П., 2022

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА НА СВОЙСТВА ИЗОПРЕНОВЫХ ЭЛАСТОМЕРОВ

Ключевые слова: *изопреновый каучук, технический углерод, удельная поверхность, агрессивность, износостойкость, эластомер, температура стеклования, коэффициент линейно-температурного расширения.*

Благодарности: *Работа выполнена при поддержке МОН РФ по Государственному заданию № FSRG - 2020-0017.*

Для цитирования: *Исследование влияния технического углерода на свойства изопреновых эластомеров / И. С. Макаров [и др.]. // Ползуновский вестник. 2022. № 1. С. 154-163. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.01.021.*

Original article

STUDY OF THE INFLUENCE OF TECHNICAL CARBON ON THE PROPERTIES OF ISOPRENE ELASTOMERS

Igor S. Makarov ¹, Afanasii A. Dyakonov ², Nataliia N. Petrova ³,
Aitalina A. Okhlopkova ⁴, Nadezhda N. Lazareva ⁵, Anatolii K. Kychkin ⁶,
Aisen A. Kychkin ⁷, Aleksei G. Tuisov ⁸, Pavel V. Vinokurov ⁹,
Natalya P. Gladkina ¹⁰

^{1,2,3,4,5,9,10} M. K. Ammosov North-Eastern Federal University, Yakutsk, Russia

¹ misergeevich@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2794-1164>

² afonya71185@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6959-368X>

³ pnn2002@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-7699-751>

⁴ okhlopkova@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0691-7066>

⁵ lazareva-nadia92@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5090-0793>

⁹ pv.vinokurov@s-vfu.ru, <http://orcid.org/0000-0003-2004-6631>

¹⁰ lan41453@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-3969-4727>

^{2,6} V. P. Larionov Institute of the Physical-Technical Problems of the North, Siberian Branch of the RAS, Yakutsk, Russia

⁶ kychkinplasma@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5276-5713>

^{7,8} The Yakut Scientific Centre of the Siberian Branch of the RAS, Yakutsk, Russia

⁷ icen.kychkin@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1540-8140>

⁸ tuisovag@gmail.com

Abstract. *The paper deals with the effects of the technical carbons specific surface on the physical, mechanical and thermal properties of isoprene rubber SKI-3. It was found that the specific surface increase results in higher strength as well as lower wear resistance and deformational compression set. The physical and mechanical properties of the isoprene rubber SKI-3 were proved to be quite sensitive to temperature and hydrocarbon environment. The glass transition temperature of elastomers was determined by the DSC-Phoenix differential scanning calorimeter. The linear and thermal expansion coefficient was calculated by the Shimadzu TMA-60 / 60H thermal and mechanical analyzer at the temperature range from minus 80 °C to plus 90 °C. The results showed the decrease in frost-resistant properties, increase in the glass transition temperature of elastomers and decrease in linear size change with the carbon black specific surface increase. To study the microstructure of elastomers, the JEOL JSM-7800F scanning electron microscope was used. Due to the carbon black specific surface increase a more intensive interaction with rubber macromolecules was observed, which explains the greater strength properties of the elastomers. The study of samples by electron microscopy subjected to abrasive wear showed that a sample with a larger specific surface of carbon black is covered with deep "furrows" up to 200 μm, which explains the lower wear resistance.*

Keywords: *isoprene rubber, carbon black, specific surface area, aggressiveness, wear resistance, elastomer, glass transition temperature, coefficient of linear-temperature expansion.*

Acknowledgements: This work was supported by the Ministry of Education and Science of the RF under State Assignment No. FSRG -2020-0017.

For citation: Makarov, I. S., Dyakonov, A. A., Petrova, N. N., Okhlopko, A. A., Lazareva, N. N., Kychkin, A. K., Kychkin, A. A., Tuisov, A. G., Vinokurov, P. V. & Gladkina, N. P. (2022). Study of the influence of technical carbon on the properties of isoprene elastomers. *Polzunovskiy vestnik*, (1), 154-163. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072–8921.2022.01.021.

ВВЕДЕНИЕ

Для развития современной техники необходимо создание и внедрение эластомерных материалов, превосходящих по своим качествам ныне существующие. Одним из известных способов решения данной задачи является использование различных сортов технического углерода (ТУ) при разработке рецептур резиновых смесей для изготовления резинотехнических изделий. Несомненным плюсом использования ТУ в резиновых смесях является его дешевизна и комплексное влияние на эксплуатационные свойства. Введение ТУ в резиновые смеси оказывает существенное влияние на модуль упругости, твердость, прочность, износостойкость, деформационные и температурные свойства [1].

К настоящему времени проведено большое количество исследований [2, 3, 4] по изучению влияния ТУ на эксплуатационные свойства эластомеров. Но по-прежнему остаётся актуальной задача по исследованию влияния ТУ на свойства эластомеров на основе разных марок каучуков. Подбор ТУ происходит на основе особенности использования будущего резинотехнического изделия.

Целью работы является исследование влияния удельной поверхности технического углерода на свойства эластомеров на основе изопренового каучука марки СКИ-3.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В работе исследовались влияние удельной поверхности ТУ на свойства эластомерных материалов на основе изопренового каучука общего назначения, широко применяемого в шинной промышленности. Рассматривались технические углероды марок: печной П803 с удельной поверхностью 16 м²/г («Ивановский техуглерод и резина», Россия), печной N550 с удельной поверхностью 40 м²/г («Ивановский техуглерод и резина», Россия), канальный К354 с удельной поверхностью 160 м²/г («ЭкоПольза», Россия). В качестве основы эластомерной матрицы применялся изопреновый каучук марки СКИ-3 с содержанием цис-1,4-звеньев не менее 96 %

(«СИБУР», Россия). Свойства разных сортов ТУ приведены в таблице 1 [5]. ТУ характеризуются следующими основными параметрами: размер первичных агрегатов технического углерода, удельная поверхность, структурность (оценивается по величине масляного числа), которые в совокупности определяют интенсивность взаимодействия активного наполнителя и макромолекул каучука.

Таблица 1 – Характеристика технических углеродов

Table 1 – Characteristics of carbon black

Марка ТУ	S _{уд} , м ² /г	D, нм	X, мл/100г	ρ, кг/м ³
П803	10-20	155-210	85-105	300
N550	40-55	50-65	96-110	330
K354	130-160	30-33	75-85	330

Примечание: S_{уд}, м²/г - удельная поверхность; D, нм - среднеарифметический диаметр частицы; X, мл/100г - масляное число; ρ, кг/м³ - насыпная плотность.

Рецептуры исследуемых резиновых смесей на основе изопренового каучука с содержанием разных марок ТУ приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Рецептура резиновой смеси на основе каучука СКИ-3

Table 2 – Rubber compound formulation based on SKI-3 rubber

№	Ингредиенты	Масс.ч.		
		1	2	3
1	СКИ-3	100,0	100,0	100,0
2	Стеариновая кислота	2,0	2,0	2,0
3	Каптакс	1,5	1,5	1,5
4	Дифенилгуанидин	0,3	0,3	0,3
5	Оксид цинка	5,0	5,0	5,0
6	Сера	2,0	2,0	2,0
7	ТУ П803	50,0	-	-
8	ТУ N550	-	50,0	-
9	ТУ K354	-	-	50,0

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА НА СВОЙСТВА ИЗОПРЕНОВЫХ ЭЛАСТОМЕРОВ

Смешение ингредиентов производили в лабораторном резиносмесителе закрытого типа Plastograph EC Plus (Brabender, Германия) при начальной температуре 40 °С в течение 20 минут. Сначала производилась загрузка каучука совместно со стеариновой кислотой, на 2-й минуте вводили активный наполнитель ТУ, на 5-й минуте вводили активатор вулканизации оксид цинка, на 10-й минуте вводили ускорители вулканизации каптакс и дифенилгуанидин, загрузка вулканизирующего агента серы производили на 12-й минуте. Вулканизацию резиновых смесей осуществляли в вулканизационном гидравлическом прессе ПКМВ-100 («Импульс», Россия) при 155 °С в течение 20 мин под давлением 10 МПа.

Определение упруго-прочностных свойств эластомеров проводилось на универсальной испытательной машине Autograph AGS-JSTD (Shimadzu, Япония) при скорости захватов 500 мм/мин (ГОСТ 270-75); износостойкость определяли на машине трения МИ-2 («Полимермаш групп», Россия) при использовании абразивной поверхности зернистостью 150 (ГОСТ 426-77); определение агрессивностойкости проводили в среде гидравлического масла АМГ-10 после выдержки образцов в течение 72 часов в ненапряженном состоянии при комнатной температуре (ГОСТ 9.030-74); твердость определяли по методу Шор А (ГОСТ 263-75); определение остаточной деформации сжатия (ОДС) (ГОСТ 9.029-74) и стойкость к термическому старению проводили после выдержки образцов в термошкафу при температуре 100 °С в течение 72 часов (ГОСТ 9.024-74). Температуру стеклования определяли на дифференциально-сканирующем калориметре DSC 204 F1 Phoenix (NETZSCH, Германия). Измерение коэффициента линейно-температурного расширения образцов проводили на термомеханическом анализаторе ТМА-60/60Н (Shimadzu, Япония) в температурном диапазоне от минус 80 °С до плюс 100 °С при постоянной нагрузке индентора на образец 0,49 Н. Исследование микроструктуры низко-температурных сколов и поверхности трения эластомеров проводили в режиме вторичных электронов при низком ускоряющем напряжении на растровом электронном микроскопе JSM-7800F (JEOL, Япония).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Результаты исследований эксплуатационных свойств эластомеров на основе изопренового каучука СКИ-3 в зависимости от удельной поверхности ТУ приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Свойства эластомеров на основе каучука СКИ-3 в зависимости от удельной поверхности технического углерода

Table 3 – Properties of elastomers based on SKI-3 rubber depending on the specific surface area of carbon black

Свойства	образец		
	1	2	3
Er, %	680	585	879
fr, МПа	16,3	18,8	22,7
f _{100%} , МПа	1,9	2,9	1,8
Н, Шор А	50	61	55
ρ, г/см ³	1,12	1,11	1,11
ΔV, см ³	0,249	0,317	0,487
100°C x 72ч			
Er, %	256	232	351
fr, МПа	7,3	10,8	10,7
f _{100%} , МПа	2,8	4,6	2,8
Н, Шор А	59	66	61
ρ, г/см ³	1,13	1,12	1,12
ОДС, %	55	60	87
20°C x 72ч в АМГ-10			
Er, %	175	126	150
fr, МПа	1,9	2,6	1,6
f _{100%} , МПа	1,1	2,0	1,1
Н, Шор А	38,2	45,3	36,3
ΔQ, %	123	106	125

Примечание: Er, % - относительное удлинение; fr, МПа – условная прочность при разрыве; f_{100%}, МПа - модуль упругости при удлинении на 100%; Н, Шор А - твердость по Шор А; ρ, г/см³ - плотность; ΔV, см³ – объемный износ; ОДС, % - остаточная деформация сжатия; ΔQ, % - набухание в масле АМГ-10.

Изученные наполнители отличаются дисперсностью, удельной геометрической поверхностью и структурностью: в ряду ТУ К354, N550, П803 размеры первичных агрегатов повышаются, а величина удельной поверхности снижается, что должно существенно влиять на интенсивность взаимодействия с макромолекулами СКИ-3 и эксплуатационные свойства полученных резин. Исследование упруго-прочностных свойств эластомерных образцов показало, что с повышением удельной поверхности ТУ происходит увеличение условной прочности при разрыве. Обладающий наибольшей удельной поверхностью ТУ К354 придает эластомером на основе каучука СКИ-3 более высокие прочностные свойства. Известно, что прочностные свойства эластомеров во многом зависят от удельной поверхности ТУ, с его повышением происходит увеличение числа контактов макромолекул каучука с наполнителем [6].

Наибольшим модулем упругости при деформации на 100 % обладает образец с ТУ N550 - 2,9 МПа, резины, наполненные ТУ П803 и К354, модули упругости примерно равны - 1,9 и 1,8 МПа соответственно. Наибольший показатель твердости у образца, содержащего ТУ N550 - 61 Шор А, у образца с ТУ К354 твердость составляет - 55 Шор А, наименьшим показателем твердости обладает образец, содержащий ТУ П803 - 50 Шор А.

Плотность образцов в зависимости от вида ТУ практически не меняется и составляет 1,12 г/см³ у образца с ТУ П803, у образцов с ТУ К354 и ТУ N550 - 1,11 г/см³. После термического старения наблюдается снижение массы образцов и незначительное увеличение их плотности на ~0,9 %. Предположительно увеличение плотности образцов происходит вследствие выделения летучих ингредиентов после их выдержки в течение 72 часов при температуре 100 °С.

Результаты испытания образцов на абразивное истирание показали, что резина на основе каучука СКИ-3, содержащая ТУ П803, характеризуется более высокой износостойкостью по сравнению с эластомерами с ТУ N550 и К354. Известно [5], что ТУ П803 обладает достаточно высокой структурностью, а ТУ с высоким значением данного показателя обеспечивают при введении в резиновые смеси более высокое сопротивление истиранию. Резина, содержащая К354, который обладает сопоставимой структурностью и значительно более высокой дисперсностью, по сравнению с ТУ П803, имеет меньшие значения объемного износа, что несколько необычно. Это может быть связано с тем, что содержание активного наполнителя, которое составляет 50 масс.ч., не является оптимальным для данной резины. Известно [5], что оптимум наполнения при увеличении степени дисперсности частиц технического углерода сдвигается в сторону меньших содержаний ТУ. В данном исследовании для корректного сопоставления свойств резин, содержание ТУ было одинаково во всех резиновых смесях и составляло 50 масс.ч.

Снижение восстанавливаемости после термического старения в сжатом состоянии, которое оценивали по показателю ОДС, составило у образца с ТУ П803 – 55 %, у образца с ТУ N550 – 60 %, значение ОДС образца с ТУ К354 – 87 %. С увеличением удельной поверхности ТУ повышается ОДС.

Испытание эластомеров на термическое старение показало, что происходит существенное снижение упруго-прочностных свойств, повышение модуля упругости и

твердости. Наибольшее уменьшение прочности и относительного удлинения наблюдается у СКИ-3 с ТУ П803, которое составляет 55 % и 62 %, также повышается твердость на 18 %. В работе [7] сказано, что упруго-прочностные свойства эластомеров сильно ухудшаются при длительном воздействии повышенных температур, что связано с протеканием процессов деструкции. Вследствие неопределенного строения основной цепи СКИ-3 и взаимодействия с кислородом деструкция полимера при старении идет достаточно интенсивно, что выражается в существенном снижении физико-механических характеристик исследованных резин.

Изучение стойкости в углеводородных средах не является основным испытанием для каучуков общего назначения, но косвенным образом характеризует плотность сшивания эластомеров и интенсивность взаимодействия между наполнителем и макромолекулами каучука. По результатам испытания стойкости резин в среде масла АМГ-10 установлено, что наименьшей степенью набухания обладает образец с ТУ N550 – 106 %. Степень набухания эластомеров, наполненных ТУ К354 и П803, приблизительно равны и составляют 125 % и 123 % соответственно. Высокие значения степени набухания образцов исследованных резин в масле закономерны: данный каучук не применяется для изготовления резин, работающих в контакте с углеводными средами вследствие неполярной природы и низкой агрессивности [8].

Рассмотренные нами тенденции изменения упруго-прочностных, релаксационных (ОДС) свойств, содержащих разные марки технического углерода, соответствуют классическим представлениям о влиянии степени наполнения и активности усиливающих углеродных наполнителей на свойства [5, 6]. Использование более активных сортов ТУ (К354, N550) приводит к повышению условной прочности при разрыве, модуля, твердости эластомерных материалов. Однако, на комплекс свойств влияют не только дисперсность и величина удельной поверхности наполнителя, но и структурность, значение рН технического углерода [5]. Следует отметить, что в отличие от технических углеродов П803 и N550, ТУ К354 имеет кислую среду, что может существенно замедлять вулканизацию [5], т.е., в данном случае требуется более тщательный подбор вулканизирующей группы.

Результаты исследования температуры стеклования эластомеров методом дифференциальной сканирующей калориметрии приведены на рисунке 1.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА НА СВОЙСТВА ИЗОПРЕНОВЫХ ЭЛАСТОМЕРОВ

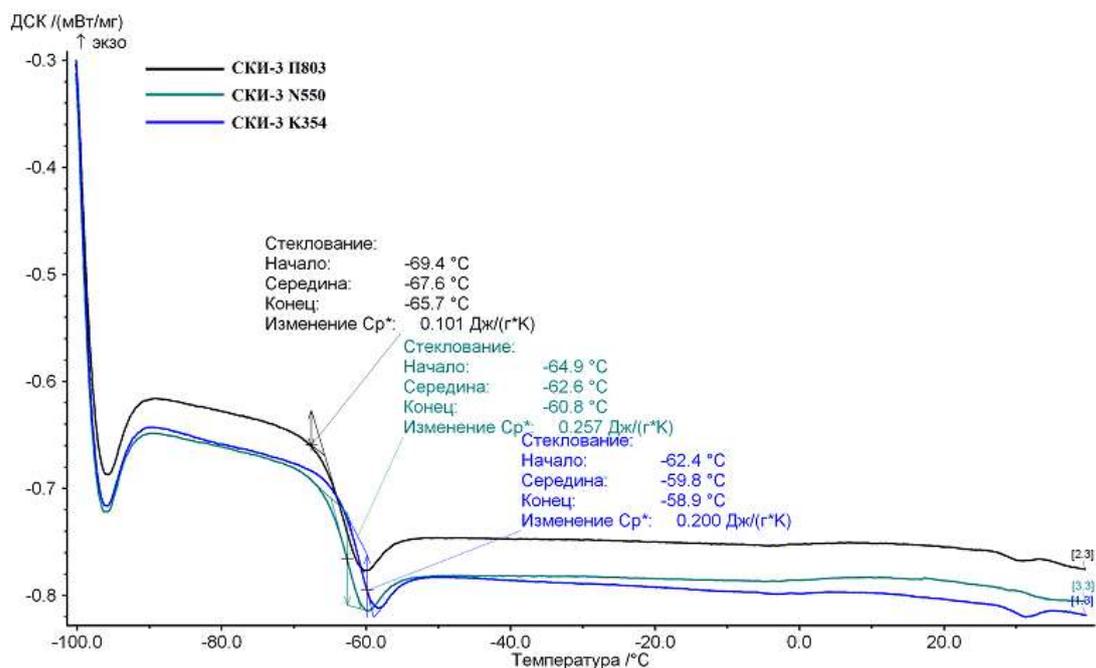


Рисунок 1 – Температуры стеклования эластомеров на основе каучука SKI-3 в зависимости от удельной поверхности технического углерода

Figure 1 – Glass transition temperatures of elastomers based on SKI-3 rubber depending on the specific surface area of carbon black

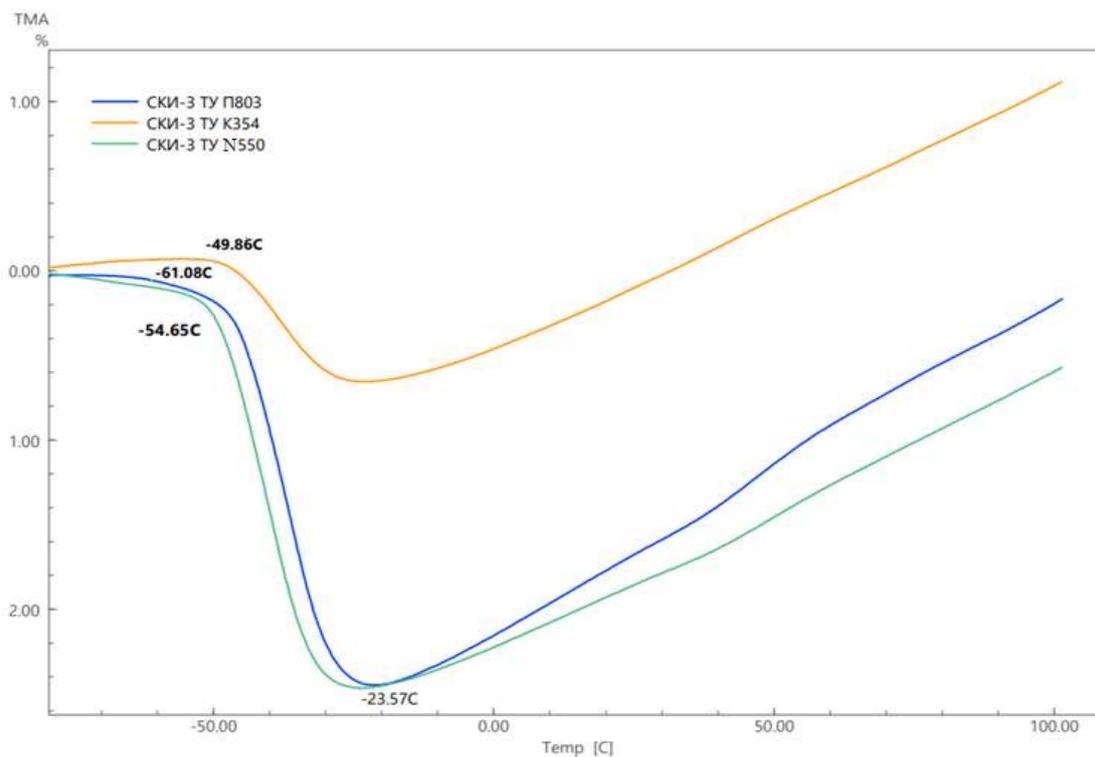


Рисунок 2 – Коэффициент линейно-температурного расширения эластомеров на основе каучука SKI-3 с техническим углеродом П803, N550, К354

Figure 2 – Coefficient of linear thermal expansion of elastomers based on SKI-3 rubber with carbon black P803, N550, K354

Наименьшей температурой стеклования обладает образец эластомера, наполненного ТУ П803 - минус 67,6 °С, у резины с ТУ N550 температура стеклования - минус 62,6 °С, у образца с ТУ K354 температура стеклования минус 59,8 °С. С увеличением удельной поверхности ТУ наблюдается снижение морозостойкости эластомерных образцов. Из работ известно [9, 10], что с увеличением дисперсности ТУ происходит снижение морозостойкости эластомеров. С увеличением удельной поверхности усиливается взаимодействие ТУ с каучуком вследствие чего снижается молекулярная подвижность каучука и повышается температура стеклования.

Температурные зависимости коэффициента линейного термического расширения эластомеров в температурном диапазоне от минус 80 °С до плюс 100 °С приведены на рисунке 2.

По кривым термического расширения видно, что высокоэластическая деформация эластомерных образцов под воздействием нагрузки начинает проявляться в зависимости от типа, введенного ТУ при температурах от минус 49 °С до минус 61 °С, т.е. с началом сегментальной подвижности. Известно [11], что температура стеклования, измеренные разными методами могут не совпадать между

собой, поэтому нет необходимости сравнивать эти значения с полученными ранее данными ДСК. С дальнейшим ростом температуры достигается минимальное значение показателя, соответствующее температуре максимальной степени кристаллизации SKI-3 [11], происходит плавление кристаллитов и увеличение объема образцов. Наименьшим изменением линейных размеров в исследуемом температурном диапазоне наблюдается у образца, содержащего высокоактивный технический углерод K354, что сопровождается снижением подвижности эластомеров при низких температурах. По-видимому, с увеличением удельной поверхности повышается адсорбционное взаимодействие между ТУ и макромолекулами каучука, что приводит к снижению подвижности эластомеров при отрицательных температурах [5]. Известно [11], что для получения морозостойких резин предпочтительнее использовать менее активные сорта технического углерода, например, П803.

На рисунке 3 представлены электронные микрофотографии структуры эластомеров на основе SKI-3 с разными марками ТУ, полученные при анализе низкотемпературных сколов образцов.

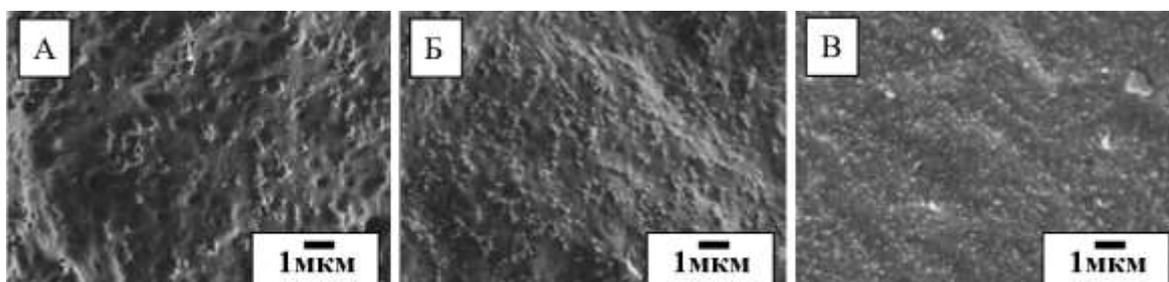


Рисунок 3 – Микроструктура поверхности сколов эластомеров на основе каучука SKI-3 с техническим углеродом: а) П803; б) N550; в) K354

Figure 3 – The microstructure of the surface of chips of elastomers based on SKI-3 rubber with carbon black: a) P803; b) N550; c) K354

На микрофотографиях показана фазовая морфология резин на основе SKI-3, наполненных разными типами ТУ. Самый выраженный микрорельеф поверхности скола наблюдается у резины, содержащей ТУ с самыми крупными частицами агрегатов и наименьшей удельной поверхностью (П803). По мере увеличения степени дисперсности ТУ микрорельеф разглаживается. Образцы были получены при скалывании в жидком азоте, при этом трещина распространяется по наиболее слабым местам. Частицы техни-

ческого углерода, лучше связанные с матрицей за счет более интенсивного взаимодействия с макромолекулами каучука, лучше удерживаются, что прослеживается на полученных микрофотографиях. Подобная картина наблюдается для резин на основе SKI-3, наполненных ТУ K354, что косвенным образом объясняет более высокий уровень упруго-прочностных характеристик.

На рисунке 4 представлены электронные микрофотографии поверхности трения образцов.

ПОЛЗУНОВСКИЙ ВЕСТНИК № 1 2022

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА НА СВОЙСТВА ИЗОПРЕНОВЫХ ЭЛАСТОМЕРОВ

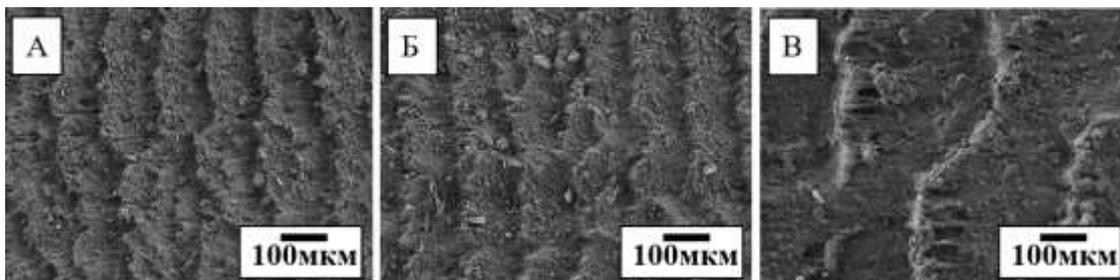


Рисунок 4 – Микроструктура поверхности трения эластомеров на основе каучука SKI-3 с техническим углеродом: а) P803; б) N550; в) K354

Figure 4 – The microstructure of the friction surface of elastomers based on SKI-3 rubber with carbon black: a) P803; b) N550; c) K354

На снимках поверхности трения эластомеров наблюдается существенное изменение структуры в зависимости от удельной поверхности ТУ. Эластомер, содержащий ТУ K354, подвержен наибольшему истиранию, структура поверхности покрыта крупными «бороздами» размером до ~200 мкм. Разница в объеме истирания между образцами с ТУ P803 и N550 относительно небольшая, благодаря чему они имеют схожую поверхность истирания, шероховатость и наличие мелкоячеистых выпуклостей.

ВЫВОДЫ

По результатам исследования свойств изопреновых эластомеров установлено:

- по мере уменьшения размера первичных агрегатов ТУ и увеличения его удельной поверхности происходит повышение прочностных свойств, а также наблюдается снижение износостойкости и ОДС эластомеров;

- после термического старения происходит увеличение модуля упругости, твердости по Шору А, плотности и существенное уменьшение упруго-прочностных свойств эластомеров за счет протекания процессов деструкции;

- после выдержки эластомеров в среде масла АМГ-10 при комнатной температуре происходит существенное снижение эксплуатационных свойств;

- с увеличением удельной поверхности ТУ происходит повышение температуры стеклования эластомеров, также уменьшается изменение линейно-термического расширения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шашок Ж.С., Касперович А.В. Технология эластомеров : Тексты лекций для студентов специальности 1-48 01 02 05 «Технология переработки эластомеров». Минск : БГТУ, 2009. 112 с.
2. Таганова В.А., Пичхидзе С.Я., Артеменко А.А. Резина на основе токопроводящего технического углерода // Тенденции развития науки и образования. 2016. №. 11 (2). С. 34-35. doi: 10.18411/lj2016-2-26.
3. Овсянников Н.Я., Корнев А.Е. Создание электропроводных резин с использованием смесевых композиций технического углерода // Вестник МИТХТ. 2007. Т. 2. № 4. С. 52-56.
4. Влияние серийных и модифицированных марок технического углерода на физико-механические и вибродинамические свойства резин / В.И. Малютин [и др.]. // Каучук и резина. 2013. № 3. С. 64-67.
5. Корнев А.Е., Буканов А.М., Шевердяев О.Н. Технология эластомерных материалов : учебник. Москва : НППА «Истек», 2009. 504 с.
6. Орлов В.Ю, Комаров А.М., Ляпина Л.А. Производство и использование технического углерода для резин. Ярославль : АР, 2002. 511 с.
7. Ашейчик А.А., Полонский В.Л. Прогнозирование изменения свойств эластомеров при термическом старении // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. 2016. Т. 1. № 12. С. 241-243.
8. Исследование свойств эластомеров на основе комбинации изопренового и бутадиеннитрильного каучуков / А.А. Дьяконов [и др.]. // Южно-Сибирский научный вестник. 2021. № 3. С. 93-97. doi: 10.25699/SSSB.2021.37.3.003.
9. Особенности построения рецептур для морозостойких резин / А.М. Чайкун [и др.]. // Авиационные материалы и технологии. 2013. № 3 (28). С. 53-55.
10. Большой справочник резинщика. Часть 2. Резины и резинотехнические изделия / А.Г. Алексеев [и др.]. Москва : ООО «Издательский центр «Техинформ» МАИ», 2012. 648 с.
11. Bukhina M.F., Kurlyand S.K. Low-temperature behaviour of elastomers. Boston : Brill, 2007. 185 p.

Информация об авторах

И. С. Макаров – студент 3 курса химического отделения Института естественных наук ФГАОУ ВО «СВФУ им. М.К. Аммосова».

А. А. Дьяконов – кандидат технических наук, с.н.с. УНТЛ «Технологии полимерных нанокompозитов» Института естественных наук ФГАОУ ВО «СВФУ им. М.К. Аммосова»; н.с. ФГБУН «Институт физико-технических проблем Севера им. В.П. Ларионова СО РАН».

Н. Н. Петрова – доктор химических наук, профессор химического отделения Института естественных наук ФГАОУ ВО «СВФУ им. М.К. Аммосова».

А. А. Охлопкова – доктор технических наук, профессор химического отделения Института естественных наук ФГАОУ ВО «СВФУ им. М.К. Аммосова».

Н. Н. Лазарева – кандидат технических наук, зав. УНТЛ «Технологии полимерных нанокompозитов» Института естественных наук ФГАОУ ВО «СВФУ им. М.К. Аммосова».

А. К. Кычкин – кандидат технических наук, в.н.с. ФГБУН «Институт физико-технических проблем Севера им. В.П. Ларионова СО РАН».

А. А. Кычкин – н.с. Федерального исследовательского центра «Якутский научный центр СО РАН».

А. Г. Туисов – кандидат технических наук, с.н.с. Федерального исследовательского центра «Якутский научный центр СО РАН».

П. В. Винокуров – ведущий инженер УНТЛ «Графеновые нанотехнологии» Физико-технического института ФГАОУ ВО «СВФУ им. М.К. Аммосова».

Н. П. Гладкина – н.с. УНТЛ «Технологии полимерных нанокompозитов» Института естественных наук ФГАОУ ВО «СВФУ им. М.К. Аммосова»

REFERENCES

1. SHashok, ZH.S. & Kasperovich, A.V. (2009). Elastomer technology. Texts of lectures for students of specialty 1-48 01 02 05 "Technology of processing of elastomers". Minsk: BSTU. (In Russ.).
2. Taganova, V.A., Pichkhidze, S.Ya. & Artemenko, A.A. (2016). Rubber based on conductive technical carbon. Trends in the development of science and education, (11 (2)), 34-35. (In Russ.). doi: 10.18411 / lj2016-2-26.
3. Ovsyannikov, N.Ya. & Kornev, A.E. (2007). Creation of electrically conductive rubbers using mixed compositions of technical carbon. Bulletin

MITHT, (vol.2. (4)), 52-56. (In Russ.).

4. Malyutin, V.I., Tribel'skij, I.A., Bohan, V.V. & Razd'yakonova, G.I. (2013). Influence of serial and modified grades of carbon black on the physico-mechanical and vibrodynamic properties of rubbers. Rubber and rubber, (3), 64-67. (In Russ.).

5. Kornev, A.E., Bukanov, A.M. & Sheverdyayev, O.N. (2009). Elastomeric materials technology. Moscow: NPA Istek. (In Russ.).

6. Orlov, V.Yu., Komarov, A.M., & Lyapina, L.A. (2002). Production and use of carbon black for rubbers. Yaroslavl: Publishing house AR. (In Russ.).

7. Ashejchik, A.A. & Polonskij, V.L. (2016). Prediction of changes in the properties of elastomers during thermal aging. Actual problems of aviation and space navigation, (1 (12)), 241-243. (In Russ.).

8. Dyakonov, A.A., Tapyev, S.A., Okhlopkova, A.A., Sleptsova, S.A., Petrova, N.N., Vinokurov, P.V., Kychkin, A.K. & Struchkov, N. F. (2021). Investigation of the properties of elastomers based on a combination of isoprene and nitrile butadiene rubbers. South Siberian Scientific Bulletin, (3), 93-97. (In Russ.). doi: 10.25699/SSSB.2021.37.3.003.

9. Chaikun, A.M., Eliseev, O.A., Naumov, I.S. & Venediktova, M.A. (2013). Features of the construction of formulations for frost-resistant rubbers. Aviation materials and technologies, (3 (28)), 53-55. (In Russ.).

10. Alekseev, A.G., Al'tzicer, V.S., Bogdanov, V.V., Britov, V.P., Bukanova, N.N., Buhina, M.F., ... & Urovskij, V.S. (2012). Great reference book of the rubber-maker. Part 2. Rubber and rubber products. Moscow: LLC "Publishing Center" Tekhinform "MAI". (In Russ.).

11. Bukhina M.F., Kuryland S.K. (2007). Low-temperature behaviour of elastomers. Boston: Brill.

Information about the authors

I. S. Makarov, 3th year student of the Chemical Department of the Institute of Natural Sciences, NEFU.

A. A. Dyakonov, Candidate of Technical Sciences, researcher of the educational, scientific and technological laboratory "Technologies of polymer nanocomposites", Institute of Natural Sciences, NEFU; researcher of the "V.P. Larionov Institute of Physical and Technical Problems of the North of the Siberian Branch of the RAS".

A. A. Okhlopkova, Doctor of Technical Sciences, professor of the Chemical Department, Institute of Natural Sciences, NEFU.

N. N. Lazareva, Candidate of Technical Sciences, Head of the educational, scientific and technological laboratory "Technologies of polymer nanocomposites", Institute of Natural Sciences, NEFU.

N. N. Petrova, Doctor of Chemical Sciences, professor of the Chemical Department, Institute of Natural Sciences, NEFU.

A. K. Kychkin, Candidate of Technical Sciences, leading researcher of the "V.P. Larionov ПОЛЗУНОВСКИЙ ВЕСТНИК № 1 2022

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА НА
СВОЙСТВА ИЗОПРЕНОВЫХ ЭЛАСТОМЕРОВ

Institute of Physical and Technical Problems of the North of the Siberian Branch of the RAS".

A. A. Kychkin, researcher of the Federal Research Centre "The Yakut Scientific Centre of the Siberian Branch of the RAS".

A. G. Tuisov, Candidate of Technical Sciences, senior researcher of the Federal Research Centre "The Yakut Scientific Centre of the Siberian Branch of the RAS".

P. V. Vinokurov, leading engineer, scientific and technological laboratory "Graphene nanotechnologies", Institute of Physics and Technologies, NEFU.

N. P. Gladkina, researcher of the educational, scientific and technological laboratory "Technologies of polymer nanocomposites", Institute of Natural Sciences, NEFU.

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

Статья поступила в редакцию 28.01.2022; одобрена после рецензирования 12.03.2022; принята к публикации 14.03.2021.

The article was received by the editorial board on 28 Jan 22; approved after reviewing on 12 Mar 22; accepted for publication on 14 Mar 22.

АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

Ананьин С. В.	134	Машкина Е. И.	95
Астахова Н. В.	100	Минакова Н. Н.	147
Белякова К. Н.	23	Морозов С. В.	134
Белянинова Ю. И.	31	Никифорова Е. Г.	79
Борисова А. В.	39	Нистерюк Д. И.	67
Бочкарева З. А.	23	Орловцева О. А.	86
Бояршинова Е. В.	109	Охлопкова А. А.	154
Бурлак Е. О.	39	Пак Ч. Г.	139
Варивода А. А.	15	Патракова И. С.	73
Варивода А. А.	31	Петрова Н. Н.	154
Винокуров П. В.	154	Письменный С. А.	15
Воронина М. С.	67	Пчелинцева О. Н.	23
Ганиев И. Н.	126	Резниченко И. Ю.	100
Гетманец В. Н.	60	Родина Н. Д.	47
Гладкина Н. П.	154	Розен А. Е.	139
Горшков В. В.	95	Сагандыкова С. К.	23
Гуляева А. Н.	67	Сафронов Н. Н.	118
Гуринович Г. В.	73	Сергеева Е. Ю.	47
Демина Е. Н.	47	Симоненкова А. П.	47
Дьяконов А. А.	154	Тефилова С. Н.	86
Золотухина Н. С.	55	Туисов А. Г.	154
Иванова А. Н.	39	Фазлыев М. Р.	118
Кикот В. В.	139	Харисов Л. Р.	118
Козубаева Л. А.	7	Ходжаев Ф. К.	126
Кольтюгина О. В.	79	Ходжаназаров Х. М.	126
Кошкин Г. А.	139	Хренов В. А.	73
Кузьмина С. С.	7	Чикова Н. В.	39
Кычкин А. А.	154	Чубарова М. В.	86
Кычкин А. К.	154	Шляпникова Э. Н.	67
Лазарева Н. Н.	154	Щетинин М. П.	55
Макаров И. С.	154	Щетинина Е. М.	55, 95
Маликова А. М.	100		

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, аргоновая плазма, мясо, срок хранения, микроорганизмы, бактерицидное действие.

Благодарности: работа выполнена в рамках госзадания Минобрнауки РФ (государственное задание № -40-01 от 21.02.2019; мнемокод 01-2019-03; номер темы FM-20203).

Для цитирования: Разработка устройства для увеличения продолжительности хранения пищевой продукции путем обработки низкотемпературной газовой плазмой / И. О. Фамилия и др. // Ползуновский вестник. 2021. № 1. С. 3-7. doi: 10.25712/ ASTU.2072-8921.2021.01.001.

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

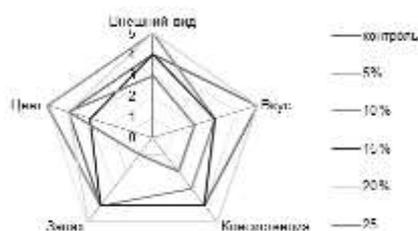


Рисунок 1 – Профиллограмма органолептической оценки

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 25.03.2022. Формат 60×84 1/8. Печать цифровая.
Усл. п. л. 19,53. Тираж 200 экз. Заказ 2022 - 5.
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. 113 А 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